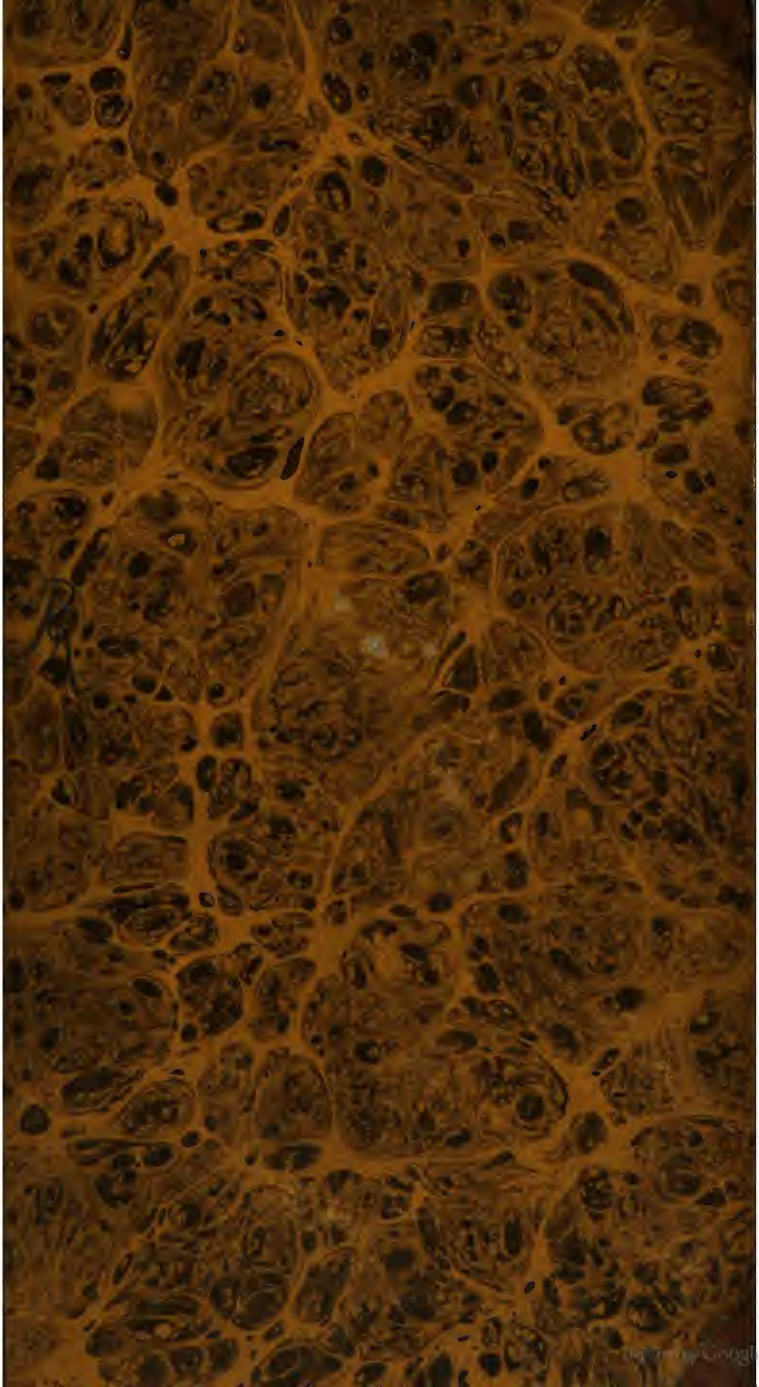


Chemie
30 l-1

Digitized by Google

<36635916820016

<36635916820016

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Digitized by Google

Lehrbuch

der

reinen Chemie

von

Dr. Carl Gustav Bischof,

ordentl. öffentl. Professor der Chemie und Technologie an der Königl. Preuß. Rhein-Universität, Director des chemischen Laboratoriums und technologischen Cabinets, Adjuncten der Leopoldin. Carolin. Akademie der Naturforscher, ordentl. Mitgliede der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Erlangen, der Naturforschenden zu Halle und der niederrheinischen für Natur- und Heilkunde, corresp. Mitgliede der Großherzoglichen Societät für die gesammte Mineralogie zu Jena, Ehrenmitgliede der Naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig, des pharmaceutischen Vereins in Baiern und im nördlichen Deutschland, so wie der pharmaceutischen Gesellschaft zu St. Petersburg.

Erster Band

welcher die Einleitung, die allgemeine Chemie und die Lehre von den Imponderabilien enthält.

Bonn,
bei Eduard Weber.
1824.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Digitized by Google

Dem Herrn

Dr. J. Jacob Berzelius,

der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm Secretär, Professor der Chemie u. s. w.

dem großen Chemiker der neuern Zeit

mit inniger Hochachtung

gewidmet

von

dem Verfasser.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorrede.

Manchen meiner Leser dürfte vielleicht der Titel: «Lehrbuch der Chemie» auffallen, wenn sie in dem Buche eine große Ausführlichkeit in den Noten, und besonders in den literarischen Nachweisungen finden. Hierüber habe ich mich daher zunächst zu erklären. Mein Lehramt auf hiesiger Universität, das sich nach Hrn. Prof. Kastners Abgang nach Erlangen über das ganze Gebiet der Chemie ausgedehnt hat, machte die Wahl eines Compendiums zur Grundlage meiner Vorträge über reine oder theoretische Chemie nöthig. Hierüber zu entscheiden, hielt sehr schwer. Dasjenige, welches mir bei meinen frühern Vorlesungen in Erlangen als Leitfaden diente, war veraltet und nicht mehr dem jetzigen chemischen System entsprechend; unter der nicht geringen Zahl neuerer chemischer Hand- und Lehrbücher fand ich aber keines, welches die chemischen Lehren gerade in einer Ordnung abhandelte, der ich zu folgen Willens war, und in einem Umfange, der sowohl dem Bedürfnisse der Studierenden als der Dauer der akademischen Semester angemessen schien; obgleich ich keineswegs den entschiedenen Werth einiger der neuern chemischen Werke verkenne. Ich mußte mich daher

Digitized by Google

zur Abfassung eines eigenen entschließen, so schwer mir dieß auch fiel, weil ich mich scheute, ebenfalls zur Vermehrung der ohnehin schon so großen Zahl chemischer Werke beizutragen.

Bei der Ausarbeitung eines solchen Leitfadens kann man nun entweder ein Compendium im eigentlichen Sinne des Worts, oder ein Handbuch beabsichtigen, das als Ergänzungsmittel des mündlichen Vortrags dem Zuhörer zum eigenen Nachlesen dienen soll. Jene Form scheint beim Vortrage derjenigen Wissenschaften, wo nichts durch Experimente zu erläutern ist, die angemessenste zu seyn. Anders verhält sich's jedoch bei unserer Wissenschaft, wo des Lehrers erster Beruf ist, die Natur in ihren Wirkungen durch das Experiment zu entfalten, und wo das Wort bloß Erläuterung und Verallgemeinerung dessen ist, was jenes uns sagt. Während nun aber auf manchen deutschen Universitäten die Mittel immer noch so beschränkt sind, daß manche Experimente ihrer Kostspieligkeit wegen nicht angestellt werden können, und der Vortrag das ergänzen muß, was sich nicht unmittelbar vor die Anschauung bringen läßt, haben die Anstalten für Natur- und Heilkunde auf der Rheinischen Universität durch die Allerhöchste Gnade Seiner Majestät unsers Königs, und durch die Fürsorge Seines hohen Ministerii der Geistlichen- Unterrichts- und Medicinalangelegenheiten eine Ausstattung erhalten, welche in dem, was die Wissenschaft, und zunächst der Unterricht fordert, der Wirksamkeit des Lehrers einen freieren Spielraum gönnen. So ist es denn auch mir gestattet, beim Vortrage der theoretischen Chemie die Experimente fast in einem solchen Umfange anzustellen, als es die kurze Dauer eines Se-

Digitized by Google

meſters geſtattet, und es iſt Sorge getragen worden, daß einige der koſtſpieligeren Apparate, welche zu manchen Verſuchen erforderlich ſind, noch nach und nach angeſchafft werden. Je mehr aber Zeit für die Anſtellung der Experimente hingeht, deſto weniger bleibt für die Ausführlichkeit des mündlichen Vortrags übrig, und es iſt daher Pflicht des Lehrers, den Zuhörern die Mittel an die Hand zu geben, durch eigenen Fleiß und durch Selbſtſtudium zu ergänzen, was, der Gründlichkeit unbeſchadet, der Vortrag mehr berühren als erſchöpfen durfte. Unter dieſen Umſtänden mußte ich daher auf die Abfaſſung eines gedrängten Compendiums, ſo gern ich es auch in dieſer Form gewünſcht hätte, verzichten. Es tritt übrigens noch ein anderer Geſichtspunct ein, welcher die Ausarbeitung eines ausführlicheren Werkes rechtfertigt. Bei weitem der größere Theil unter (wenigſtens) meinen Zuhörern ſind der Medicin und Pharmacie Befliſſene, denen die Chemie eine der wichtigſten Hülfswiſſenſchaften iſt, von welcher ſie im Verfolg ihres Studiums häufig Anwendung zu machen, und ſich bei ihr Raths zu erholen, Veranlaſſung haben; um ſo mehr, da meine Collegen in der Natur- und Heilkunde, die Bedeutung und Wichtigkeit der Chemie in der Arzneiwiſſenſchaft und insbeſondere in der Phyſiologie erkennend und würdigend, zum eifrigen Studium derſelben angelegentlichſt aufmuntern. Das Compendium kann ſich aber nicht über dasjenige verbreiten, was im Vortrage nur kurz angedeutet werden konnte, ſondern es dient bloß als Leitfaden für dieſen, und iſt daher nicht zum Nachleſen beim weiteren eigenen Studium beſtimmt.

Digitized by Google

Um das Compendium mit dem Handbuche zu vereinigen, und dem Zuhörer die Anschaffung beider zugleich zu ersparen, habe ich die Form in dem vorliegenden Bande gewählt: Es sollen nämlich die §§., welche die Grundprincipien der abgehandelten Materien enthalten, gleichsam das Compendium bilden, und die Noten, welchen ich die genaue Hinweisung auf die Quellen, woraus geschöpft worden ist, beigefügt habe, zur Erläuterung dienen.

Hiebei habe ich der Kürze wegen die Abhandlungen der Ausländer, wenn solche ins Deutsche übertragen waren, bloß in ihren Uebersetzungen citirt, um so mehr, da ja doch den Meisten deutsche Zeitschriften leichter zugänglich sind als ausländische.

Obgleich nun dieses Lehrbuch, wie der Titel bezeichnet, zunächst für meine Zuhörer bestimmt ist, so glaube ich doch, daß es auch zum Selbststudium, und zum Nachlesen für solche, welche schon chemische Kenntnisse besitzen, sich eignen werde. Das Streben nach möglichster Vollständigkeit, und nach systematischer Anordnung wird man hoffentlich nicht verkennen.

Ich habe mich noch über einen zweiten Punct, über die Anordnung der abgehandelten Materien zu erklären.

Ohne Zweifel würde ein Chemiker aus dem vorigen Jahrhundert kaum seinen Augen trauen, wenn er den ersten Band eines chemischen Lehrbuches ganz mit dem allgemeinen Theile der Chemie und mit den Imwonderabilien angefüllt fände. Mir scheint es ein erfreuliches Zeichen des Fortschreitens unserer Wissenschaft zu seyn, wenn es ein Chemiker wagen darf, diese Materien in solcher Ausdehnung abzuhandeln. Gleichwohl wird

Digitized by Google

vielleicht Mancher die Frage aufwerfen, ob ich die Grenzen der Chemie nicht allzusehr erweitert habe. Es ist allerdings wahr, daß ein großer Theil des hier Umfaßten in der Physik vorgetragen wird; allein eine strenge Grenzlinie zwischen Physik und Chemie bei Betrachtung der Imponderabilien zu ziehen, scheint in der That unmöglich zu seyn; schon deshalb, weil sich bei manchen Materien gar nicht entscheiden läßt, ob sie nicht vielleicht in der Folge eine noch höhere Bedeutung für den Chemiker, als für den Physiker gewinnen. So kann z. B. die Lehre von der Lichtpolarisation für den Chemiker sehr wichtig werden, wenn es sich durchaus bewähren sollte, daß stöchiometrische Verhältnisse und Krystallformen in der nächsten Beziehung stehen; denn daß die letzteren und das optische Verhalten der Körper von einander abhängig sind, dürfen wir wohl als ausgemacht ansehen. — Der Oersted'sche Versuch, der im ersten Augenblick ein rein physikalischer Gegenstand zu seyn schien, hat schon jetzt durch die Bemühungen einsichtiger Männer, das elektrochemische Verhalten der Körper nach ihrer Wirkung auf die Magnetnadel zu bestimmen, eine nicht unerhebliche Bedeutung für den Chemiker gewonnen. Ich nahm daher diejenigen Gegenstände auf, welche aus diesem Gesichtspuncte betrachtet werden können; so wie denn überhaupt die Kenntniß der Imponderabilien, als wesentlicher Bedingungen des chemischen Processes, in allen ihren Eigenschaften und Wirkungen von keinem Chemiker vernachlässigt werden darf.

Ausserdem hatte ich aber noch einen äussern Grund. Die Studierenden sind häufig verhindert, Physik vor Chemie zu hören; manches muß daher solchen Zuhörern im

Digitized by Google

chemischen Vortrage undeutlich bleiben. Es schien mir deshalb zweckmäßig, sogar mehrere Gegenstände zu berühren, welche freilich eigentlich nur in das Gebiet der Physik gehören. Daß indeß Materien, welchen beim Vortrage der letzteren eine ausführlichere Betrachtung zu Theil wird, in den chemischen Vorlesungen nur kurz berührt werden können, versteht sich von selbst, und der große Umfang des eigentlichen Gebietes der Chemie, im Vortrage gewöhnlich auf die Dauer Eines Semesters beschränkt, macht dieß auch nöthig.

Eben diese Ausdehnung der Chemie auf Lehren, welche zwar der Physik angehören, aber zur klaren Einsicht in chemische Gegenstände unentbehrlich sind, dürfte manchem jungen Manne, dessen Verhältnisse den Besuch physikalischer Vorlesungen nicht gestatten, ein das Studium der Chemie erleichterndes Hülfsmittel seyn.

Diesem ersten Bande folgt in kurzer Zeit (wahrscheinlich bis zur nächsten Ostermesse) der zweite, welcher die specielle Chemie der unorganischen Substanzen begreift; der dritte Band endlich wird die organischen Substanzen umfassen, und ein vollständiges Register das Ganze beschließen.

Möge es mir gelungen seyn, den Zweck dieses Werkes zu erreichen!

Bonn, den 12. September 1823.

Carl Gustav Bischof.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniß des ersten Bandes.

Seite

Einleitung . . . . . 1 bis 14

Von der Naturwissenschaft überhaupt und ihrer Erkenntnißquelle . . . . . 1 » 2

Von dem Körperlichen überhaupt, und von den ihm zukommenden Eigenschaften . . . . 2 » 5

Von dem Verhalten der Körper zu einander und zu den Imponderabilien . . . . . 5 » 7

Von den Hauptzweigen der Naturwissenschaft, Zwecke derselben . . . . . 7 » 10

Von den Theilen der allgemeinen Naturlehre überhaupt . . . . . 10 » 12

Von der Chemie insbesondere. Eintheilung der Chemie . . . . . 12 » 14

Erster Theil.

Von den Erscheinungen, welche von der Wechselwirkung der Körper herrühren . . . . . 15 » 75

Erster Abschnitt.

Begreift diejenigen Erscheinungen, welche durch keine materielle Veränderung bedingt sind . 15 » 23

Digitized by Google

Seite

Erstes Kapitel.
Von der Schwere . . . . . 15 bis 17

Zweites Kapitel.
Von der Cohäsion und Adhäsion . . . . . 17 » 23

Zweiter Abschnitt.
Von der chemischen Anziehung . . . . . 24 » 75
I. Entstehungsart der Gemische und allgemeine Eigenschaften derselben im Verhältnisse zu denen ihrer Grundstoffe. Scheidung . . 27 » 37
II. Relative Größenverhältnisse der sich mischenden Körper . . . . . 37 » 75
A. Von den Größenverhältnissen der Massen der sich mischenden Körper (Stöchiometrie) 37 » 58
B. Von den Größenverhältnissen der Volumina der sich mischenden Körper . . . 59 » 60
C. Von den bestimmten Gestalten der festen Körper überhaupt . . . . . 60 » 65
D. Von der Bildung der Krystalle (Krystallogenie) und von dem Verhältnisse der Krystallformen zu andern Eigenschaften der Krystalle und insbesondere zu ihren Mischungsverhältnissen . . . . . 65 » 75

Zweiter Theil.
Von den Körpern im weitesten Sinne des Worts . . . . . 76 »

Erster Hauptabschnitt.
Von den Imponderabilien . . . . . 76 » 368

Erstes Kapitel.
Licht . . . . . 77 » 118

Digitized by Google

Seite

Geradliniger Fortgang des Lichtes, Brechung und Zurückstrahlung . . . . . 79 bis 88
Verhalten des Lichts zu den Körpern . . . 88 » 98
Quellen des Lichts . . . . . 98 » 118
Die chemische Mischung (Verbrennungsproceß) ꝛc. 99 » 109
Das Glühen und die Phosphorescenz durch geringe Temperaturerhöhung . . . . . 109 » 112
Phosphorescenz durch mechanische Gewalt . . 112 » 118
Lichtentwicklung durch Druck und Reibung ohne Bruch . . . . . 114 » 115
Lichtentwicklung durch Bruch, ohne Reibung und ohne merklichen Druck . . . . . 115 » 116
Lichtentwicklung durch Druck und Bruch zugleich . . . . . 116 » 118
Die Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten 118

Zweites Kapitel.

Wärme . . . . . 118 » 208
Verhältniß der Wärme zum Lichte . . . . . 120 » 123
Verhalten des Wärmestoffs zu den Körpern . 123 » 190
Fortpflanzung des Wärmestoffs . . . . . 124 » 129
Ausdehnung der Körper durch den Wärmestoff 129 » 137
Bestimmung der Menge des in den Körpern enthaltenen Wärmestoffs . . . . . 137 » 146
Aenderung der Cohäsionsformen durch den Wärmestoff 146
Uebergang aus dem festen in den tropfbarflüssigen Zustand, und umgekehrt . . 147 » 151
Uebergang aus dem tropfbarflüssigen Zustand in den gasförmigen, und umgekehrt . 151 » 174
A. Sieden oder Kochen . . . . . 154 » 156

Digitized by Google

Seite

B. Verdunstung . . . . . 156 bis 174

I. Von den Erscheinungen der Verdunstung im Allgemeinen . . . . . 156 » 159

II. Von den gasförmigen Körpern im Allgemeinen . . . . . 159 » 165

III. Von den räumlichen Verhältnissen der gasförmigen Körper . . . . . 165 » 174

Uebergang aus dem festen in den gasförmigen Zustand, mit Ueberspringung des tropfbarflüssigen Zustandes . . . . . 174 » 177

Die Cohäsionsform in ihrer Abhängigkeit vom Wärmestoff überhaupt . . . . . 177 » 183

Der chemische Proceß in seiner Abhängigkeit von dem Wärmestoff . . . . . 183 » 190

Quellen des Wärmestoffs . . . . . 190 » 208

I. Die Sonnenstrahlen . . . . . 190 » 191

II. Die chemische Mischung. Verbrennungsproceß . . . . . 191 » 201

III. Mechanische Verdichtung . . . . . 201 » 203

IV. Reibung mit und ohne Druck . . . . 203 » 204

V. Die Vereinigung der beiden Elektricitäten 204

VI. Die Benetzung fester Körper mit Flüssigkeiten . . . . . 204 » 205

VII. Die Lebenswärme warmblütiger Thiere 205 » 208

Drittes Kapitel.

Elektricität . . . . . 208 » 334

Entgegengesetzte Elektricitäten

Allgemeines Grundgesetz ihres gegenseitigen Verhaltens . . . . . 210 » 214

Verhalten der Elektricitäten zu den Körpern . 214 » 288

Verhalten der Elektricitäten zu den Körpern, sofern dadurch keine bleibende Veränderung ihres Zustandes herbeigeführt wird . . . 214 » 227

Digitized by Google

Seite

Fortpflanzung der E E durch Mittheilung . 215 bis 222
Erregung der E E durch Vertheilung . . 222 » 227
Von den beiden Hauptquellen der E E im Allgemeinen . . . . . 227 » 259
Erregung der Elektricität durch Reiben . . 227 » 232
Erregung der Elektricität durch Berührung 232 » 237
Schichtung der Plattenpaare mit feuchten Körpern . . . . . 237 » 254
Schichtung der Plattenpaare mit Halb- oder Nichtleitern . . . . . 255 » 259
Verhalten der E E zu den Körpern, verbunden mit einer bleibenden Zustandsveränderung der Letzteren . . . . . 259 » 288
Mechanische Wirkungen der E E . . . . 261 » 262
Chemische Wirkungen der E E . . . . . 262 » 288
Aenderung der Cohäsionsform, durch die Frictionselektricität bewirkt . . . . 262 » 263
Mischungen durch die Frictionselektricität hervorgebracht . . . . . 263 » 265
Zerlegungen durch die Frictionselektricität hervorgebracht . . . . . 265 » 267
Schmelzungen durch die Contactelektricität bewirkt . . . . . 268 » 269
Mischungen durch die Contactelektricität bewirkt . . . . . 269 » 271
Zerlegungen durch die Contactelektricität hervorgebracht . . . . . 271 » 288
Der chemische Proceß in seinen abhängigen Verhältnissen von der Säule, und von der Berührung heterogener Substanzen überhaupt 288 » 297
Theorie der elektrischen Säulen . . . . . 297 » 308
Verhältniß der Elektricitäten zum Licht und zur Wärme . . . . . 308 » 315
Quellen der Elektricität . . . . . 315 » 322

Digitized by Google

Seite

Elektricitätserregung durch Aenderung der Cohäsionsform . . . . . 316 bis 318
Atmosphärische Electricität 318
Thierische Elektricität . . . . . 319 » 322
Elektrochemische Theorie . . . . . 322 » 334

Viertes Kapitel.

Magnetismus . . . . . 334 » 368
Elektro- und Thermo-Magnetismus . . . . 339 » 368

Verbesserungen.

Seite	Zeile	
4 —	7	v. o. ist hinzuzusetzen nach «Licht» §. 144.
6 —	8 u. 9.	v. o. statt gleichartigen l. gleichstoffigen
18 —		zu §. 38. ist hinzuzusetzen: das Weitere unten §. 198. fg.
33 —	1	v. o. Schwefeleisen durch Sauerstoff gehört als Note zu §. 77. auf S. 32.
39 —	14	v. o. statt wallet l. waltet
54 —	13	v. o. statt Golde l. Silber
101 —	10	v. o. nach «70» ist zu setzen: S. unten §. 383.
119 —	22	v. o. statt 226 l. 246.
137 —	14	v. o. statt 118 l. 218.
eb. —	5	v. u. ist hinter «Körper» einzuschalten «von gleichen Massen,»
145 —	28	v. o. statt 4,0396 l. 4,0796
149 —	11	v. o. nach «geht,» ist zu setzen «fast stets»
156 —	10	v. o. statt rauhen l. glatten
182 —	28	v. o. statt «müssen wir zunächst freie und gebundene Wärme unterscheiden» l. «ergiebt sich uns folgendes»
214 —	9	v. o. hinter «unten.» ist zu setzen §. 267. 320. ff. §. 327. ff. u. §. 366.
eb. —	18	v. o. vorwaltend fällt weg.

Digitized by Google

Einleitung.

Von der Naturwissenschaft überhaupt und ihrer Erkenntnißquelle.

§. 1.

Die Naturwissenschaft oder Naturkunde im weitesten Sinne des Worts umfaßt alles, was wir von den Körpern überhaupt, und von den besondern Arten derselben wissen.

§. 2.

Die einzige Erkenntnißquelle alles dessen, was wir von den Körpern wissen, ist das Zeugniß der Sinne. Das was wir durch die Sinne an den Körpern wahrnehmen, heißt ein Phänomen oder eine Naturerscheinung; das was wir als die Ursache unserer Wahrnehmung in den Körpern annehmen, heißt Qualität oder Eigenschaft des Körpers. Es setzt indeß nicht jede Erscheinung etwas Eigenes in einem Körper voraus, daß mit ihr völlig homogen ist.

§. 3.

Durch Wahrnehmung von Erscheinungen machen wir Erfahrungen. Wir gelangen zu Erfahrungen entweder durch Beobachtungen, wenn wir die Körper bloß in dem Zustande wahrnehmen, in welchem sie sich ohne unser Zuthun befinden; oder durch Versuche (Experimenta) wenn wir den Zustand der Körper absichtlich verändern, und Erscheinungen veranlassen, welche sich ausserdem nicht zugetragen haben würden.

Digitized by Google

Auf Beobachtungen und Versuchen beruht demnach alles, was wir von den Körpern wissen; sie sind folglich der einzig wahre Erkenntnißgrund der Naturwissenschaft überhaupt, und mithin auch der Chemie insbesondere.

Von dem Körperlichen überhaupt, und den ihm zukommenden Eigenschaften.

§. 4.

Wenn wir alles das, was überhaupt einen Eindruck auf unsere Sinne machen kann, zu den Körpern zählen, so ergiebt sich von selbst, daß gewisse Principien in der Natur (Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus) den Körpern angereihet werden müssen, da sie unsere Sinne, wenn auch nicht jedesmal unmittelbar, afficiren. Zwischen diesen Principien und den Körpern, im engern Sinne des Wortes, könnte man in Beziehung auf die Sinne als unterscheidendes Merkmaal setzen, daß jene entweder bloß auf einige, oder nur einen Sinn einen unmittelbaren oder gar nur mittelbaren Eindruck machen, während diese alle unsere Sinne, und zwar meistens unmittelbar afficiren. Allein einen bei weitem schärferen, alles Schwankende vermeidenden Unterschied finden wir in den Eigenschaften jener Principien und der Körper, (im engern Sinne des Worts), welche wir für beide aus den verschiedenen Eindrücken auf unsere Sinne abstrahiren. Es sey daher der nächste Gegenstand unserer Betrachtungen, erstens die allgemeinen Eigenschaften der Körper (im engern Sinne), zweitens die Eigenschaften jener Principien kennen zu lernen.

Aus dem §. 13. rechtfertigt sich die Benennung Imponderabilien für diese Principien, unter welcher Benennung sie in der Folge aufgeführt werden sollen, während die Körper (im engern Sinne) im Gegensatz Ponderabilien genannt werden könnten, wofür jedoch „Körper" schlechtweg gesetzt wird. Körper, im weitesten Sinne des Wortes, schließt die Ponderabilien und Imponderabilien ein.

Digitized by Google

§. 5.

Der nächste Eindruck der Körper (im engern Sinne) ist die Erscheinung der Ausdehnung, d. i., Einnehmung eines gewissen Raumes (Spatium). Darin unterscheiden wir: 1) Größe des Raumes, (Volumen, Quantitas spatii); 2) Beschaffenheit des Raumes (Qualitas spatii) oder Gestalt (Forma); welche letztere zerfällt: a) in die äussere Gestalt, und b) in die innere oder Bau (Structura). Mit der Ausdehnung ist uns zugleich an jedem solchen Körper die Erscheinung der Undurchdringlichkeit gegeben.

§. 6.

Das was den Raum erfüllt und ihn undurchdringlich macht, nennen wir die Materie oder den Stoff (im engern Sinne). Darin unterscheiden wir wieder: 1) Größe oder Menge der Materie oder des Stoffs (Masse, Quantitas materiae). 2) Beschaffenheit des Stoffs (Qualitas materiae).

§. 7.

Die Beschaffenheit des Stoffs offenbart sich unsern Sinnen: 1) in den verschiedenen Cohäsionszuständen (feste, tropfbarflüssige und gasförmige Körper) in der Durchsichtigkeit und in der Farbe; 2) im Schall, nämlich in den verschiedenen Arten desselben; 3) im Geschmack; 4) im Geruch; 5) in der Stärke, Härte, Steifheit, Biegsamkeit, Sprödigkeit, Streckbarkeit, Elasticität.

§. 8.

Wir nennen einen Körper gleichstoffig, wenn er durchaus von gleichem Stoffe (§. 6.) ist; zwei Körper in Beziehung auf einander gleichartig, wenn beide aus demselben Stoffe bestehen. Hieraus ergeben sich die Begriffe ungleichstoffig und ungleichartig von selbst.

§. 9.

Die Imponderabilien (§. 4.) offenbaren zwar ein Bestreben, in dem Raum sich zu verbreiten, aber nur in dem

Digitized by Google

schon mit Materie (§. 6.) erfüllten Raum. Da sie also nicht selbstständig in dem Raume bestehen können, so müssen ihnen nothwendig jene Eigenschaften (§. 5.) abgehen.

Ob dieß eine wesentliche Eigenschaft der Imponderabilien sey, darüber kann die Erfahrung nicht entscheiden, da wir, die Torricellische Leere ausgenommen, keinen absolut leeren Raum kennen. Vergl. unten das Licht.

§. 10.

Es ist ferner von selbst klar, daß die ihnen zum Grunde liegende Materie von anderer Art seyn müsse, da wir die Größe oder Menge dekselben nicht auf gleiche Weise, wie bei den Körpern bestimmen können. Endlich können auch alle diejenigen Qualitäten (§. 7.), welche ein selbstständiges Bestehen im Raume voraussetzen, diesen Materien nicht zukommen.

Bei Betrachtung der Imponderabilien im Einzelnen, wird sich mit mehrerem die Art der Eindrücke ergeben, welche dieselben auf unsere Sinne äussern.

§. 11.

Fragen über die Möglichkeit der Materie, gehören nicht hieher, sondern in das Gebiet der speculativen Physik; es ist auch gar nicht unsere Aufgabe, die Materie in der Idee zu construiren. Der Naturforscher nimmt die Materie als etwas Gegebenes, und begnügt sich mit dem sinnlichen Scheine. Aber wir können in der That die Erscheinungen der Cohäsion, der Adhäsion und der chemischen Verwandtschaft nicht auf klare Begriffe zurück führen, ohne nicht irgend eine Vorstellung von dem Wesen der Materie anzunehmen.

Es ist eine sehr alte, von den ältesten Philosophen Griechenlands (Moschus, Leucippus, Democritus und Epicurus) abstammende Lehre, daß alle Materie aus Atomen d. h. aus untheilbaren Körperchen (corpuscula) bestehe. Diese Lehre (Atomistik, Corpuscularphilosophie) ist von vielen spätern Philosophen mit mannichfaltigen Modificationen angenommen und gelehrt wor-

Digitized by Google

den. (Lucretius, Descartes, Newton, Boerhave, De Luc, Le Sage u. a. m.) Da Atome kein Gegenstand der Anschauung seyn können, so kann die Erfahrung unmöglich über das Bestehen derselben belehren. In mathematischer Hinsicht kann man sich allerdings eine unendliche Theilbarkeit der Materie denken; wirkliche Theilung bis ins Unendliche ist aber ein Ausdruck ohne Bedeutung; denn man muß endlich auf eine Grenze kommen, auf welcher all: menschliche Möglichkeit einer weitern Theilung aufhört. In diesem Sinne muß man also Atome zulassen, d. i. erste untheilbare Körperchen, welche immer noch ausgedehnt sind, und überhaupt alle übrigen Eigenschaften der Materie besitzen. Da uns ohnedieß das wahre Wesen der Materie gänzlich unbekannt ist, und wohl stets unbekannt bleiben wird, so scheint es gleichgültig, welche Hypothese hierüber wir annehmen wollen; allein diejenige wird die angemessenste seyn, welche mit dem sinnlichen Scheine, womit sich der Naturforscher bloß beschäftigt, (§. 2.) die meiste Uebereinstimmung zeigt. Und in der That, dieß ist der Fall bei der atomistischen Hypothese; denn wir vermögen wahrlich nicht von Cohäsion, chemischer Verwandtschaft, Mischung, Scheidung u. s. w. zu sprechen, ohne nicht eine atomistische Ansicht stets zum Grunde zu legen.

Diese Ansicht ist in der neueren Zeit etwas verdrängt worden durch das sogenannte dynamische System, welches die Materie selbst aus zwei entgegengesetzten Kräften (einer Dehnkraft und einer anziehenden Kraft) zu construiren versuchte. Allein der strengste Dynamiker vermag nicht aus seinen Erklärungen die atomistische Ansicht gänzlich auszuschließen, und was hilft's daher, wenn er mit Aengstlichkeit bloß den Namen Atome vermeidet! — Giebt man indeß als Grund an, daß der Begriff der Untheilbarkeit, welcher in dem Worte Atome liegt, nicht nothwendig angenommen werden müsse zur Erklärung, so könnte man etwa dafür setzen „kleinste Theile", „Massentheile", „Masseneinheiten". Ohne mich in der Folge gerade an diesen oder jenen Ausdruck genau zu halten, werde ich dennoch vorzugsweise denjenigen wählen, welcher der kürzeste ist.

Von dem Verhalten der Körper zu einander und zu den Imponderabilien.

§. 12.

Das Verhalten der Körper (irdischen sowohl als Himmelskörper) zu einander äussert sich: 1) in beträchtlichen

oder merklichen Entfernungen, in dem Phänomen, wo sich entfernte (gleichartige sowohl als ungleichartige) Körper einander nähern, oder zu nähern streben, ohne daß man eine äußere Ursache davon wahrnimmt (Gravitation, allgemeine Schwere). Dieses Phänomen auf Körper unseres Erdkörpers gegen denselben bezogen (Schwere im engeren Sinn); 2) in unmerklichen Entfernungen a) zwischen getrennten Stücken eines gleichartigen Körpers, b) zwischen den gleichartigen kleinsten Theilen (Atomen §. 11.) eines Körpers, c) zwischen ungleichartigen Körpern (diese drei Fälle begreift man unter den Namen: Cohäsion oder Zusammenhang, Adhäsion oder Anhängen), d) zwischen den kleinsten Theilen (Atomen) ungleichartiger Körper, (Chemische Anziehung, Chemische Verwandtschaft, Affinitas, Attractio chemica).

Von dem Verhalten todter Materie zu organischen Körpern wird unten in der Chemie der organischen Körper mit mehrerem die Rede seyn.

§. 13.

Das Verhalten der Imponderabilien zu den Körpern ist ganz anderer Art. Einige wirken auf die Körper schon in sehr beträchtlichen Entfernungen, andere nur in viel geringeren, wieder andere fast nur bei unmittelbarer Berührung. Alle diese Wirkungen kommen darin mit einander überein, daß die Körper hiebei weder an Masse (§. 6.) zu- noch abnehmen, wohl aber ist in manchen Fällen, (bei der Wärme) das Volumen (§. 5.) und auch der Cohäsionszustand (§. 7.) von solchen Wirkungen abhängig, so wie überhaupt die Qualität der Materie (§. 6.) dadurch auf mannichfaltige Weise modificirt werden kann. Da übrigens nach §. 9. die Imponderabilien nicht selbstständig im Raume bestehen können, sondern stets gleichsam an Körper gebunden erscheinen, so hat es bei den meisten dieser Wirkungen das Aussehen, als ob dieselben

Digitized by Google

zwischen den Körpern selbst erfolgten. Eben hieraus ergiebt sich denn auch, daß zwischen Imponderabilien und Körpern keine gegenseitige Gravitation (§. 12.) gedacht werden könne.

Daher nennt man sie unwägbare (d. i. nicht gravitirende) Stoffe, (imponderabilia) oder auch untastbare (d. i. nicht undurchdringliche) (incoërcibilia).

Dieser Mangel eines selbstständigen Bestehens im Raume hat manche Naturforscher veranlaßt, die Imponderabilien bloß als Eigenschaften derjenigen Körper zu betrachten, an welche sie gleichsam gebunden erscheinen. Wenn nun gleich nicht zu läugnen ist, daß diese Ansicht allerdings einiges für sich hat, so liegt doch in der hieraus sich folgernden Annahme, daß eine Eigenschaft eines Körpers an einen andern übergehen und die Eigenschaften des letzteren verändern könne, etwas, was ohne alle Analogie in dem ganzen Gebiete der Naturwissenschaften dasteht. Vielmehr äussern die Imponderabilien gegen die Körper etwas, was ganz mit demjenigen Verhalten der Körper zu einander übereinkommt, das wir chemische Verwandtschaft (§. 12.) genannt haben; ein solches Etwas können wir uns aber nur zwischen Körpern, keineswegs aber zwischen Körpern und ihren Eigenschaften thätig denken.

Von den Hauptzweigen der Naturwissenschaft, Zwecke derselben.

§. 14.

Im vorigen Abschnitt ist gezeigt worden, daß die Kenntniß der Eigenschaften (§. 2.) der Körper (im weitesten Sinne des Wortes) und ihres gegenseitigen Verhaltens alles umfaßt, was wir überhaupt von ihnen wissen. Zur Kenntniß der Eigenschaften gelangen wir gewöhnlich durch bloße Beobachtung (§. 3.); zur Kenntniß des gegenseitigen Verhaltens, selten durch bloße Beobachtung, sondern hauptsächlich durch den Versuch (§. 3.).

§. 15.

Je nachdem nun entweder bloß die Absicht auf historische Kenntniß der Eigenschaften der Körper, oder auch auf Kennt-

Digitized by Google

niß des gegenseitigen Verhaltens (oder der Wechselwirkung) derselben gerichtet ist, zerfällt die Naturwissenschaft überhaupt in den beschreibenden (historischen) Theil, (Naturgeschichte, Historia naturalis, Naturbeschreibung, Physiographia) und in die Naturlehre im weitesten Sinne des Wortes (Physiologia).

1) Mineralogie, Botanik und Zoologie sind die drei großen Abtheilungen der Naturgeschichte, so weit diese bloß die zusammengesetzten Körper begreift, welche auf unserer Erde als besondere Individua bestehen, und kürzere oder längere Zeit sich erhalten. Hievon ist getrennt alles das, was sich auf die Beschaffenheit und die Veränderungen der ganzen Erde, ihrer Oberfläche und ihrer Atmosphäre bezieht, (allgemeine Physik der Erde, physische Geographie, Naturgeschichte der Erde und der Atmosphäre) so wie auch dasjenige, was die Himmelskörper betrifft (Geschichte des Himmels.)

2) Es ist hier zu erinnern, daß die Naturgeschichte zwar Vergleichungen zwischen den Eigenschaften mehrerer Körper anstellt, insbesondere zu dem Behufe, sie angemessen zu ordnen; allein diese Vergleichungen führen keineswegs zur Kenntniß des gegenseitigen Verhältens der Körper.

Uebrigens muß noch bemerkt werden, daß es schon lange gewöhnlich ist, in einigen Zweigen der Naturgeschichte, wie namentlich in der Mineralogie, unter den sogenannten physischen Kennzeichen das Verhalten der Körper zu den Imponderabilien anzuführen.

§. 16.

Das Gebiet der Naturlehre wird aber nicht ganz umfaßt, wenn sie bloß als die Kenntniß des gegenseitigen Verhaltens der Körper betrachtet wird. Ihr kommt noch ausserdem zu, daß sie die Gesetze aller Erscheinungen und ihren Causalzusammenhang zu entdecken sucht.

§. 17.

So wie nämlich die Naturlehre mehrere ähnliche Erfahrungen sammelt, und durch Induction in allgemeine Sätze

Digitized by Google

zusammen zu fassen sucht, gelangt sie zu Naturgesetzen. Kenntniß der Naturgesetze ist aber noch nicht Kenntniß der wirkenden Ursachen; denn durch jene werden wir bloß belehrt, was geschieht, nicht aber wodurch und wie es geschieht.

Das Verfahren der Naturlehre bei Aufsuchung von Naturgesetzen hat Aehnlichkeit mit dem der Naturgeschichte bei Anordnung der natürlichen Körper, nur daß der Zweck verschieden ist; denn jene sucht bloß aus Erfahrungen allgemeine Sätze abzuleiten, um aus ihnen durch Induction auf noch nicht bekannte Erfahrungen zu schließen, während diese durch Abstraction dessen, was mehrere Körper mit einander gemein haben, zu dem Begriffe von Arten, und durch fortgesetzte Abstraction zu den Begriffen von Gattungen, Familien, Classen und Reichen irdischer Körper gelangt.

§. 18.

Zu Erklärungen von Erscheinungen gelangt die Naturlehre, indem sie die Verhältnisse aufsucht, in denen Erscheinungen zu Körpern (im weitesten Sinne) stehen, welche sie veranlassen. Hieraus folgt, daß eine Erklärung nur bei solchen Erscheinungen möglich gedacht werden könne, welche aus irgend einem Verhalten eines Körpers zu einem andern entspringen.

§. 19.

Eine Erscheinung wird demnach unerklärbar seyn, wenn von ihr gar keine Verhältnisse zu irgend einem Körper bekannt sind. In solchen Fällen ist's häufig Bedürfniß, eine selbst erdachte Vorstellungsart anzunehmen, woraus man die Erscheinung zu erklären versucht. Solche bloß angenommene Vorstellungsarten und Ursachen nennt man Hypothesen, angenommene Sätze.

Merkmaale einer guten Hypothese.

§. 20.

Da die Ursachen der Erscheinungen ununterbrochene Reihen von Gliedern bilden, welche stufenweise von den nächsten

Digitized by Google

Ursachen zu entfernteren fortführen, und sich endlich alle in einer ersten Ursache vereinigen, welche außerhalb der Körperwelt liegt: so folgt hieraus, daß eine Erklärung zwar um so vollständiger seyn wird, je weiter sich die entfernteren Ursachen einer Erscheinung verfolgen lassen; allein stets wird man bei einer solchen fortgesetzten Verfolgung auf ein Glied kommen müssen, wo die Erklärung hypothetisch wird.

Von den Theilen der allgemeinen Naturlehre überhaupt.

§. 21.

Da die Erscheinungen, welche von der Wechselwirkung der Körper (im weitesten Sinne) herrühren, so mannichfaltiger Art sind: so war es schon von jeher gewöhnlich, die ähnlichen zusammenzufassen und in besonderen Theilen der allgemeinen Naturlehre zu betrachten. Je nachdem nun die Aehnlichkeit der Erscheinungen, ohne Rücksicht auf die Körper, von denen sie ausgehen, oder die Aehnlichkeit dieser Körper das Eintheilungsprincip abgiebt, zerfällt die allgemeine Naturlehre in verschiedene Theile.

§. 22.

Folgt man jenem Eintheilungsprincip und stellt erstens alle Erscheinungen, welche von der Wechselwirkung der Körper herrühren, sofern dieselben hiebei keine Aenderung ihrer Materie (§. 6) höchstens nur eine Aenderung der äußern Gestalt erleiden, zusammen, so umfaßt man denjenigen Theil der allgemeinen Naturlehre, welchen man Physik (im gewöhnlichen Sinne, jedoch in der weiteren Bedeutung), mechanische Naturlehre nennt. Zweitens durch Zusammenstellung derjenigen Wechselwirkungen zwischen Körpern, welche mit Veränderung der Materie verbunden sind, umfaßt man das Gebiet der Chemie. Es ist übrigens klar, daß alle Erscheinungen, von denen es ungewiß ist, ob Veränderungen

Digitized by Google

der Materie damit verbunden sind oder nicht, weder der Physik noch der Chemie ausschließlich zugetheilt werden können.

Es versteht sich hier von selbst, daß in dieser Abtheilung die Imponderabilien oder vielmehr deren Verhalten zu den Ponderabilien mit eingeschlossen sind, obgleich gerade in ihrer Betrachtung die Grenzlinie zwischen Physik und Chemie (wie schon aus §. 13 sich ergiebt) am schwierigsten sich ziehen läßt.

§. 23.

Da dieselben Erscheinungen sowohl in der Physik als in der Chemie, obgleich aus verschiedenen Gesichtspuncten, betrachtet werden, so ergiebt sich schon hieraus ihr naher Zusammenhang, und wie unentbehrlich sie einander gegenseitig als Hülfswissenschaften dienen. Allein eben so wenig läßt sich von beiden der beschreibende Theil der Naturwissenschaft (§. 15) ganz absondern, da die Kenntniß eines Körpers nach seinen äußeren Kennzeichen stets der Kenntniß seines Verhaltens zu andern Körpern vorausgehen muß. Wiederum sind endlich Physik und Chemie unentbehrliche Hülfswissenschaften für die Naturgeschichte, und insbesondere die Chemie, wenn eine Classification der Körper nach ihren materiellen Verschiedenheiten versucht werden soll.

§. 24.

Da endlich bei weitem die meisten Naturgesetze allgemeine Sätze von Größenverhältnissen ausdrücken, so ersieht man, daß die Mathematik eine unentbehrliche Hülfswissenschaft für Physik und Chemie ist.

§. 25.

Folgt man hingegen jenem zweiten Eintheilungsprincip (§. 21), so gestalten sich die Geologie und Geognosie, die Meteorologie, die Astronomie, die Physiologie im engern Sinne, als die Kenntniß der innern Organisation der Pflanzen (Pflanzenphysiologie) und

Digitized by Google

Thiere, und vorzugsweise des Menschen (physische Anthropologie). Es ergiebt sich übrigens von selbst, daß jede dieser Zweige der Naturlehre den physikalischen und chemischen Theil entweder einschließen oder in ihrer Betrachtung voraussetzen.

Von der Chemie insbesondere.

Eintheilung der Chemie.

§. 26.

Dem gemäß, was in den vorhergehenden §§ über das Verhältniß der Chemie zu den übrigen Zweigen der Naturwissenschaft und insbesondere der Physik entwickelt worden, läßt sich die Chemie definiren als die Kenntniß von der Wechselwirkung zwischen den ungleichartigen Körpern, sofern eine materielle Veränderung damit verbunden ist. Chemische Eigenschaften eines Körpers werden daher solche seyn, welche sich auf eine solche Wechselwirkung beziehen. Davon sind zu unterscheiden die physikalischen Eigenschaften, welche diejenige Wechselwirkung der Körper umfassen, womit keine materielle Veränderung verbunden ist. Darunter werden jedoch nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche auch die allgemeinen (§. 5.) den Körpern für sich zukommenden Eigenschaften begriffen.

Etymologie des Wortes Chemie. Getheilte Meinungen hierüber. Alchemie.

§. 27.

Die Chemie beginnt mit Betrachtung der einfachen Körper und schreitet nach und nach zu immer zusammengesetzteren fort. Einfache Körper sind aber solche, welche aus lauter gleichartigen kleinsten Theilen (Massentheilen, Atomen §. 11) bestehen. Davon sind zu unterscheiden: unzerlegbare Körper, von denen wir zwar vermuthen, daß sie nicht einfach sind, deren ungleichartige Bestandtheile die chemische Kunst aber noch nicht hat ausmitteln können. Hieraus ergiebt sich

Digitized by Google

An selbst, was unter zusammengesetzten Körpern zu verstehen ist.

Nur von wenigen, streng genommen eigentlich von keinen Stoffen sind wir völlig gewiß, daß sie absolut einfach sind.

Es ist hier zu erinnern, daß der oben bezeichnete systematische Gang, um zur Kenntniß der Chemie zu gelangen, gerade entgegengesetzt ist der historischen Begründung dieser Wissenschaft: die Natur bietet uns das zusammengesetzte dar; erst durch die chemische Kunst gelangen wir zur Kenntniß des einfachen.

§. 28.

Der Betrachtung der chemischen Eigenschaften eines Körpers pflegt gewöhnlich die der physikalischen voranzugehen.

§. 29.

Die Chemie im Sinne des §. 26 genommen, heißt die theoretische oder reine Chemie. Nach den verschiedenen Classen der Körper zerfällt sie in die Chemie der unorganischen und der organischen Körper. Jene begreifen alle Körper der Art, auf und unter der Oberfläche der Erde, (Mineralogische Chemie) so wie diejenigen in der Atmosphäre (Meteorologische Chemie). Diese die Pflanzen (Phytochemie) und die Thiere (Zoochemie.)

§. 30.

Wendet man die durch die theoretische Chemie erlangte Kenntniß von der Wechselwirkung der Körper an, um selbst solche materielle Wirkungen in der Körperwelt, für verschiedene Zwecke, hervorzubringen, so begründet man die angewandte Chemie.

§. 31.

Der Zweck dieser Anwendung kann gerichtet seyn, erstens: auf die empirische Erläuterung der theoretischen Chemie (Experimentalchemie); zweitens: auf Gegenstände des bürgerlichen Lebens (Technische Chemie); drittens: auf die Zerlegung zusammengesetzter Körper (Analytische Chemie).

Digitized by Google

Die technische Chemie zerfällt, je nach Verschiedenheit der Stoffe, i verschiedene einzelne Theile (verschiedene chemische Künste in: Luftbereitung (Aërurgia) Wasserbereitung (Hydrur gia) Salzbereitung (Halurgia) Steinbereitung (Lithurgia Bereitung brennbarer Stoffe (Phlogurgia) Metal bereitung (Metallurgia) Gährungsbereitung (Zymurgia Farbenbereitung (Chromurgia). Die Apothekerkun (Pharmacia) umfaßt die Anwendung der chemischen Kunst zur Dar stellung der Arzneikörper.

Die analytische Chemie zerfällt in die der unorgani schen und organischen Körper. Jene zerfällt wieder nach der verschiedenen Cohäsionsformen der Körper, in die analytische Chemi der tropfbarflüssigen Körper (wässrige Flüssigkeiten, Mineralwasser u. dergl.), der gasförmigen (Luftarten, Eudiometrie ꝛc. ꝛc.), der festen (Salze, Steine, Erden und Metalle); angewandt auf bürgerliche Künste ist sie eigentlich ein Theil der technischen Chemie und wird Probierkunst (Docimasia) genannt. Die analytische Chemie der organischen Körper begreift die Zerlegung vegetabilischer und thierischer Sub stanzen, entweder in ihre näheren oder entfernteren Be standtheile. In ihrer letzteren Anwendung schließt sie sich an die analyt. Chemie der unorganischen gasförmigen Substanzen an.

Digitized by Google

Erster Theil.

Von den Erscheinungen, welche von der Wechselwirkung der Körper herrühren.

Erster Abschnitt.

Begreift diejenigen Erscheinungen, welche durch keine materielle Veränderung bedingt sind.

§. 32.

Obgleich diese Erscheinungen, streng genommen, in das Gebiet der Physik gehören, so kann doch hier ihre Betrachtung nicht ganz übergangen werden, da sie in zu naher Beziehung mit solchen Erscheinungen stehen, welche der Chemie angehören.

Erstes Kapitel.

Von der Schwere.

§. 33.

Aus den allgemeinen Eigenschaften der Körper, Größe der Ausdehnung (§. 5.) und Größe des Stoffs (§. 6.) leitet sich der Begriff der Dichtigkeit ab. Dichtigkeit eines Körpers drückt nämlich das Verhältniß seiner Masse zu seinem Volumen aus.

$$d = \frac{m}{v}$$

Digitized by Google

woraus wiederum folgt,

$$m = d\,v$$

und

$$v = \frac{m}{d}$$

§. 34.

Die allgemeine Erscheinung der Schwere, als das Bestreben der irdischen Körper, sich nach dem Mittelpunkte unserer Erde zu bewegen (§. 12.) (fallen), führt zu dem Begriff des absoluten Gewichts, worunter die Summe der Bestrebungen, womit alle Theile eines Körper zum Fall getrieben werden, verstanden wird. Da wir nun berechtigt sind anzunehmen, daß sich das Gewicht eines Körpers wie die Größe seiner Materie (Masse) verhalte, so schätzen wir die Masse eines Körpers nach seinem Gewicht.

§. 35.

Hieraus folgt, daß die Dichtigkeit eines Körpers ebenfalls als das Verhältniß seines absoluten Gewichts zu seinem Volumen betrachtet werden kann, und da durch specifisches Gewicht, eigenthümliches Gewicht (auch specifische Schwere) dasselbe Verhältniß bezeichnet wird, so ergiebt sich, daß Dichtigkeit und specifisches Gewicht ganz gleichbedeutende Begriffe sind.

§. 36.

Dichtigkeit oder specifisches Gewicht sind relative Begriffe. Man kann daher nicht von dem specifischen Gewicht eines Körpers an sich, sondern nur in Vergleichung mit dem eines andern sprechen. Es ist angenommen worden, das specifische Gewicht des reinen Wassers als Einheit zu setzen, und darnach giebt man gewöhnlich die spec. Gewichte der festen und tropfbarflüssigen Körper an. Für die in viel höherem Grade ausgedehnteren (spec. leichteren) gasförmigen Körper ist es

Digitized by Google

jedoch gewöhnlich worden, das spec. Gewicht der atmosphärischen Luft zur Einheit anzunehmen.

Zweites Kapitel.

Von der Cohäsion und Adhäsion.

§. 37.

Die Erscheinungen zwischen getrennten Massen gleichartiger Körper und gleichartigen kleinsten Theilen eines Körpers (§. 11) werden von einigen zu den Erscheinungen der Cohäsion überhaupt gerechnet, und die Anziehung zwischen sich berührenden ungleichartigen Körpern gewöhnlich zu den Erscheinungen der Adhäsion gezählt. Andere verstehen unter Cohäsion bloß das Bestreben eines Körpers, in der Einheit seiner Masse zu beharren, wodurch also die Anziehung zwischen getrennten, sich aber berührenden Massen gleichartiger Körper ausgeschlossen wird.

Es ist wohl stets nur eine Kraft, vermöge welcher Körper überhaupt Anziehung gegen einander äußern, obwohl die dadurch hervorgebrachten Wirkungen eine mannigfaltige Verschiedenheit darbieten. Gemäß der atomistischen Ansicht (§. 10) müssen wir in jedem Körper eine Kraft annehmen, vermöge welcher seine kleinsten Theile unter einander zusammenhängen; sehen wir nun aber, daß auch getrennte, sich berührende Massen gleichartiger Körper ein Bestreben äussern, in der Berührung zu beharren, so scheint es folgerecht anzunehmen, was von den kleinsten Theilen eines Körpers gilt, werde auch von größern Massen desselben Körpers gelten. Allein es findet hier in der Erscheinung doch ein wesentlicher Unterschied statt; denn wenn zwei getrennte Massen eines Körpers einander auch in unendlich vielen Punkten berühren, (wie dieß doch der Fall ist, wenn die durch einen Schlag getrennten Stücke eines Körpers ganz in derselben Lage zusammengebracht werden, in welcher sie vorher einen Körper darstellten) so ist der Zusammenhang doch niemals so groß, als zwischen den kleinsten Theilchen selbst. Dagegen findet man wiederum, daß häu-

Digitized by Google

sig ungleichartige Körper so an einander haften (wie dieß namentlich bei allen gemengten Steinarten (Gebirgsarten) der Fall ist), daß eine große äussere Kraft erforderlich ist, um die Berührung aufzuheben. In diesem Fall kann aber unmöglich die Wirkung von den kleinsten ungleichartigen Theilchen abhängen, da ja nur größere Massen verschiedener Körper einander berühren. Man ersieht aus allem, daß kein so bestimmter Unterschied zwischen Cohäsion und Adhäsion gesetzt werden kann; dennoch möchte die Unterscheidung, die Anziehung zwischen den gleichartigen kleinsten Theilchen eines Körpers der Cohäsion (weshalb sie auch Zusammenhangs-Verwandtschaft genannt wird) und die Anziehung zwischen größeren Massen, gleichviel ob sie gleichartig oder ungleichartig sind, der Adhäsion zuzutheilen, die angemessenste seyn.

§. 38.

Dem verschiedenen Grade der Cohäsion schreiben wir die drei verschiedenen Cohäsionsformen (von einigen nicht ganz passend Aggregatsformen genannt) zu. Ist die Cohäsion nämlich stark, so ist der Körper fest; wird sie schwächer, so geht er in den tropfbarflüssigen oder liquiden, und wird sie noch schwächer, so geht er in den gasförmigen oder luftförmigen Zustand über. Ausserdem kann aber auch der Grad der Cohäsion bei derselben Cohäsionsform, insbesondere bei der festen und tropfbarflüssigen, verschieden seyn.

§. 39.

Stärke bei festen Körpern (§. 7) ist der Grad der Cohäsion; Härte, Steifheit ꝛc. sind Arten der Cohäsion.

§. 40.

Die Cohäsion der tropfbarflüssigen Körper zeigt sich in dem Bestreben ihrer Theilchen, die Kugelform (Tropfen) darzustellen, welches sich freilich, wegen der zugleich mit wirkenden Schwere, nur in kleinen Massen äußern kann. Daher können größere Massen tropfbarflüssiger Körper keine selbstständ-

Digitized by Google

ige Gestalt behaupten. Bei den tropfbaren Flüssigkeiten wird äufig die Cohäsion durch die Adhäsion gegen andere feste Körer überwunden. Daher stehen häufig Flüssigkeiten in Gefäßen mit concaver Oberfläche; und können Theile einer Flüssigkeit durch feste Körper losgerissen werden (Naßwerden).

§. 41.

Die gasförmigen Körper können unter den gewöhnlichen Umständen dieses Bestreben nicht äussern; ja es hat sogar das Ansehen, als wenn gar kein Zusammenhang zwischen den kleinsten Theilen eines solchen Körpers statt fände, da jede Menge Gas einen jeden auch noch so großen Raum gleichmäßig erfüllt. Dieß hat aber doch ohne Zweifel seine Grenzen; denn man kann sich nicht denken, daß irgend eine (endliche) Quantität Gas einen unendlich großen Raum erfüllen sollte? —

§. 42.

Die Imponderabilien bieten noch weniger irgend eine Erscheinung dar, welche auf eine Cohäsion zwischen ihren kleinsten Theilchen schließen ließe.

§. 43.

Feste Körper der unorganischen Natur heißen Krystalle, (krystallisirte Körper) wenn sie bestimmte Gestalten haben. Diese zeigen die meisten Körper, wenn sie aus dem flüssigen Zustand in den festen übergehen.

Die Kenntniß der bestimmten Gestalten fester Körper, obwohl dem beschreibenden Theil der Naturwissenschaft (§. 15) zugehörig, ist für den Chemiker um so wichtiger, da verschiedene Beschaffenheit eines Stoffs (§. 6) im Allgemeinen stets mit verschiedener Beschaffenheit des Raumes (§. 5) verbunden ist, und zur Bestimmung von jener, häufig die Beobachtung von dieser zu Hülfe genommen wird.

Da wir gerade an den gemischten Körpern die mannigfaltigsten Krystallgestalten beobachten, und dieselben in gewisser Beziehung

Digitized by Google

mit der chemischen Mischung stehen, so folgt dasjenige, was hierauf Bezug hat, im dritten Kapitel, nachdem die Entstehungsart der Gemische und ihre allgemeinen Eigenschaften, im Verhältnisse zu denen ihrer Grundstoffe, vorhergegangen ist.

§. 44.

Die Cohäsion kann auf mechanischem Wege durch Pulvern, Feilen ꝛc., auf chemischem Wege durch Erhitzen und Auflösen (§. 65) vermindert werden.

§. 45.

Ungleichartige an einander haftende Körper bilden ein Gemeng; wenn sie aber auch nicht an einander haften, sondern bloß zwischen einander gelagert sich befinden, gebraucht man diese Benennung. Die das Gemeng bildenden Körper nennt man Gemengtheile.

§. 46.

Da die Körper in den drei verschiedenen Cohäsionsformen (§. 38) bestehen, und Adhäsion zwischen Körpern, welche sowohl zu derselben als auch zu verschiedenen Cohäsionsformen gehören, statt finden kann: so erhellet, daß die Adhäsion viel mannigfaltigere Erscheinungen als die Cohäsion darbieten müsse.

§. 47.

Adhäsion zwischen festen Körpern äussert sich, wie schon oben (§. 37 Anm.) bemerkt worden, zwischen den Gemengtheilen (§. 45) der meisten Gebirgsarten; zwischen glattgeschliffenen Körpern (Adhäsions-Platten), zwischen sehr kleinen Körperchen (feinen Staub) und senkrechten oder umgekehrten Flächen.

Leimen, Kütten, Löthen, Spiegelbelegen, Mauern.

§. 48.

Adhäsion zwischen tropfbar-flüssigen Körpern. Gleichartige Flüssigkeiten haften nicht blos zu-

Digitized by Google

sammen, sobald sie einander berühren, sondern vereinigen sich (laufen zusammen), wobei dann nur noch Cohäsion sich wirksam zeigt. Auch ungleichartige Flüssigkeiten laufen zusammen, wenn zwischen ihnen eine chemische Anziehung (§. 12) statt findet. Hingegen wo dieses nicht der Fall ist, zeigt sich auch nur ein geringer Grad der Adhäsion.

§. 49.

Adhäsion zwischen gasförmig-flüssigen Körpern ist ein sehr allgemein verbreitetes Phänomen, und man hat noch keine gasförmige Substanzen gefunden, welche nicht eine gegenseitige Adhäsion zeigten, wie dieß häufig bei den tropfbarflüssigen Körpern der Fall ist.

Verschiedenartige Gasarten, welche keine chemische Anziehung zu einander haben, mengen sich mit einander, ohne daß ungleiche spec. Gewichte, wie bei liquiden Körpern, einen Einfluß haben könnten. Die heterogene Natur solcher Gemenge kann durch die Sinne (etwa mit Ausnahme des Geruchssinnes) nicht unmittelbar erkannt werden.

Es fragt sich, wie sollen wir uns ein solches gasförmiges Gemeng denken? — Setzt man nach §. 45 als allgemeinen Charakter eines Gemengs, daß sich in demselben nicht die kleinsten Theile verschiedenartiger Körper selbst, sondern größere (wenn auch noch so kleine) Massen berühren, so wäre ein gasförmiges Gemeng in demselben Sinn zu betrachten. Diesem scheint aber zu widersprechen, daß solche gasförmige Gemenge die den einzelnen Gemengtheilen zukommende Durchsichtigkeit nicht im mindesten verlieren, während kein einziger Fall bekannt ist, daß zwei durchsichtige, feste oder liquide Körper, im Gemeng mit einander, nicht mehr oder weniger ihre Durchsichtigkeit einbüßen. Dieß und die Unmöglichkeit, eine solche Vereinigung gasförmiger Körper durch mechanische Mittel zu scheiden, hat denn auch mehrere Chemiker bewogen, sie nicht für ein Gemeng, sondern für ein Gemisch der ersten Art (§. 62) zu halten. Allein diesem widerspricht, daß bei Vereinigung solcher gasförmiger Körper, weder eine Volumen- noch Temperaturveränderung erfolgt (§ 179) ferner daß sich gar keine specifische chemische Anziehung (§ 58) zwischen denjenigen Gasarten zeigt, welche solche Vereinigungen darstellen können.

Digitized by Google

Was übrigens einige noch als Grund dagegen anführen, „daß man nämlich annehmen müßte, zwei Stoffe, ganz in demselben Verhältnisse verbunden, könnten zweierlei verschieden innige Verbindungen bilden" (Gmelins Handb. d. theor. Chem. I. 18.) scheint kein ganz zureichender Grund zu seyn, da es ja wirklich Beispiele giebt, wo Gemische ganz in denselben Verhältnissen der Grundstoffe verbunden, verschiedene Grade der Innigkeit zeigen. (Zirkonerdehydrat, Antimonigsaure Salze).

Dalton's Hypothese.

§. 50.

Adhäsion zwischen festen und liquiden Körpern zeigt sich fast zwischen jedem festen Körper und sehr vielen liquiden, und es ist umgekehrt nicht eine einzige tropfbare Flüssigkeit bekannt, welche nicht an mehreren festen Körpern adhärirte.

Benetzen fester Körper durch Flüssigkeiten. Haften von Platten fester Körper auf Flüssigkeiten. — Concaver Stand des Wassers in gläsernen und vielen anderen Gefäßen. Herunterlaufen des Wassers am äussern Rande solcher Gefäße. — Zerfließen der Wassertropfen auf Glas- und Metallplatten. — Durchseihen durch Fließpapier. Vera's Seilmaschine u. s. w.

Adhäsion zwischen porösen festen Körpern und Flüssigkeiten in einiger Entfernung. Aufsaugen des Wassers in Schwamm, Leinwand ꝛc. ꝛc. Haarröhrchenanziehung.

Häufig wird Adhäsion, in dem eingeschränkten Sinne, als das Anhaften liquider Körper an festen genommen.

§. 51.

Adhäsion zwischen festen und gasförmigen Körpern äussert sich in manchen Fällen.

Anhaften von Luftblasen an festen Körpern, welches man beim Untertauchen in Wasser bemerkt. Luftschicht zwischen der inneren Fläche des Glases und dem Queckfilber in den Barometerröhren.

Digitized by Google

§. 52.

Adhäsion zwischen tropfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten.

Seifenblasen.

§. 53.

Auch die Imponderabilien zeigen theils unter sich, theils gegen Ponderabilien Adhäsion, welche sich auf mannigfaltige Art äußert, wie in der Betrachtung der Imponderabilien mit mehrerem zu ersehen ist.

§. 54.

Obschon es wahrscheinlich keine zwei Körper giebt, welche gar keine Adhäsion gegen einander äussern, so ist sie doch zwischen manchen so schwach, daß man sie gleich Null setzen kann. Dieß führt zur Annahme, daß es verschiedene Grade der Anziehung gebe, welche aber stets bedingt sind durch Cohäsion und Schwere, indem überhaupt diese drei Kräfte, insgesammt Annäherung und Vereinigung bewirkend, einander in ihren Wirkungen theils unterstützen, theils beschränken, theils aufheben können.

Alle die im §. 50. angeführten Fälle finden entweder nicht statt, oder gerade das Gegentheil davon, wenn die Cohäsion der flüssigen Körper größer ist als ihre Adhäsion zu den festen. Daher der convexe Stand des Quecksilbers in gläsernen Gefäßen. Bildung von Quecksilberkügelchen auf Glasplatten. Entgegengesetztes Verhalten des Quecksilbers von dem des Wassers in Haarröhrchen u. s. w.

Zweiter Abschnitt.

Von der chemischen Anziehung.

§. 55.

Diejenige Kraft, vermöge welcher sich ungleichartige Körper zu gleichartigen vereinigen, nennen wir chemi-

Digitized by Google

sche Anziehung, chemische Verwandtschaft, (Affinitas, Attractio chemica) und das Product dieser Vereinigung ein Gemisch, Mischung, chemische Verbindung (Mixtio, Synthesis chemica).

Da die Worte, chemische Anziehung, chemische Verwandtschaft, bloß das Phänomen der Mischung bezeichnen, und also nur ähnliche Erscheinungen unter ein Gesetz ordnen (§. 17.), nicht aber aus den Ursachen erklären (§. 18.), so ist es ganz gleichgültig, welchen Ausdruck man gebrauchen will. Bloß der Kürze wegen wähle ich das Wort Verwandtschaft, da es auch ohne das Beiwort „chemisch" unzweideutig die chemische Anziehung bezeichnet, so unpassend es auch an sich ist, weil sich gerade solche Stoffe vorzugsweise anziehen, welche sich nicht verwandt oder ähnlich sind.

Des Verhältniß der chemischen Anziehung zur Cohäsion und Adhäsion ist, gemäß der atomistischen Ansicht, schon oben (§. 12.) angedeutet worden. Wenn wir nämlich annehmen, daß die Wirksamkeit der Adhäsion (§. 37.) auf größere Massen, die der chemischen Verwandtschaft auf die kleinsten Theile der Körper gerichtet sey, so hat man nicht nöthig, beide für verschiedene Kräfte zu halten; denn der verschiedene Erfolg in ihren Wirkungen ist dann bloß von der verschiedenen Wirkungsart abhängig. Es ergibt sich übrigens von selbst, daß Gemeng und Gemisch sich zu einander verhalten, wie Adhäsion und chemische Anziehung.

§. 56.

Die Körper, welche sich mit einander gemischt haben, heißen in Beziehung auf das Gemisch, dessen Grundstoffe oder Bestandtheile.

Gewöhnliche Bezeichnung eines Gemisches AB, das aus den Grundstoffen A und B besteht.

Digitized by Google

§. 57.

Ein solches Gemisch AB kann sich wieder mit einem andern Gemisch CD zu einem Gemisch ABCD vereinigen. Darauf beruht die Unterscheidung der nächsten Grundstoffe oder Bestandtheile AB und CD eines Gemisches von den entfernteren A, B, C, D, aus denen seine nächsten Grundstoffe bestehen.

§. 58.

Der Grad der chemischen Verwandtschaft zwischen je zweien Körpern ist sehr verschieden (nähere oder stärkere und entferntere oder schwächere Verwandtschaft): einige haben eine große Verwandtschaft zu einander; andere eine geringere; wieder andere gar keine, wenigstens können sich manche Körper durchaus nicht mit einander mischen. Dabei ist wiederum merkwürdig, daß sich manche direct nicht vereinigen können, obgleich ein nicht unbeträchtlicher Grad der Verwandtschaft zwischen ihnen herrscht, welcher sich äussert, wenn sie auf anderem Wege zur Vereinigung gebracht worden sind. Es ist übrigens kein einziger unzerlegbarer Körper bekannt, der nicht gegen mehrere andere Verwandtschaft äusserte.

Auch hierin ist die Analogie zwischen chemischer Verwandtschaft und Adhäsion (§. 54.) unverkennbar: beide zeigen Verschiedenheiten dem Grade nach. Vergl. §. 54.

Noch ist es nicht gelungen, die verschiedenen Grade der Verwandtschaften durch Größen auszudrücken. Die Versuche von Wenzel, Wiegleb, Kirwan und Bergman haben zu keinen genügenden Resultaten geführt. Vergl. mein Lehrbuch der Stöchiometrie. S. 7—12. Die Erfahrung lehrt bloß: zwischen einfachen Stoffen walten

Digitized by Google

die stärksten und mannigfaltigsten Verwandtschaften ob; je mehr aber die Stoffe zusammengesetzt sind, desto mehr nehmen die Verwandtschaften an Stärke und Zahl ab, bis sie endlich ganz aufhören; ferner: einfache Stoffe verbinden sich vorzugsweise mit einfachen, zusammengesetzte mit zusammengesetzten, besonders von gleicher Zahl der Bestandtheile; endlich je mehr zwei Stoffe in ihren Eigenschaften (§. 2.) sich entgegengesetzt (chemisch different) sind, desto stärkere Verwandtschaft zeigen sie. Metalle und Sauerstoff, Säuren und Alkalien.

§. 59.

Wird der Grad der Verwandtschaft eines Körpers zu allen übrigen, gegen welche er überhaupt Verwandtschaft äussert, ausgemittelt, so erhält man für diesen Körper eine Stufenleiter der Verwandtschaften, und mittelt man desgleichen die Stufenleiter für jeden andern Körper aus, so entstehen die Tafeln der sogenannten einfachen Verwandtschaften.

Es bezeichne A einen Körper, B, C, D . . . Körper, zu denen jener verschiedene Verwandtschaftsgrade äussert, so stellt

A

B
C
D
E
⋮

die allgemeine Form dar, wie solche Tafeln entworfen werden: B hat nämlich unter allen übrigen Körpern den stärksten Grad der chemischen Verwandtschaft, dann folgt C, D, E u. s. w.

Es ist übrigens hier zu bemerken, daß sich die Verwandtschaft zwischen zweien Körpern, die sich in verschiedenen Verhältnissen mit einander verbinden können, in sehr verschiedenem Grade äussert. Vergl. unten §. 95. Anm.

Digitized by Google

Tables des différens rapports observés en chimie entre différentes substances par Mr. Geoffroy l'ainé in den Mém. de l'acad. roy. des sc. à Paris, 1718. pag. 202. überſ. in Crell's n. chem. Archiv I. 197. Éclaircissemens etc. ebend. 1720. überſ. eb. II. 37. Jo. Fr. Henkel de appropriatione. Dresd. 1727. 8. Gellert Anfangsgründe der metallurg. Chemie, Leipz. 1750. 8. Marherr diss. de affinitatibus corporum. Vindob. 1762. 8. Erxleben's Anfangsgründe der Chemie. Götting. 1775. 450. Torb. Bergman de attractionibus electivis in ſ. Opusc. phys. et chem. 1787. Vol. III. p. 291. Vergl. übrigens m. Stöchiometrie. S. 3—7.

§. 60.

Wenn der Stoff A mit B, C, D, E ... zuſammenkommt, ſo wählt er gleichſam denjenigen oder diejenigen zur Miſchung aus, zu dem oder denen er die nächſte Verwandtſchaft hat. In dieſer Beziehung nennt man die Verwandtſchaft Wahlverwandtſchaft (Affinitas electiva), Wahlanziehung (Attractio electiva).

§. 61.

Die allgemeine Betrachtung der Gemiſche bezieht ſich erſtens auf ihre Entſtehungsart und ihre phyſikaliſchen und chemiſchen Eigenſchaften (§. 26.); zweitens auf die damit verbundenen Größenverhältniſſe.

I.

Entſtehungsart der Gemiſche und allgemeine Eigenſchaften derſelben im Verhältniſſe zu denen ihrer Grundſtoffe. Scheidung.

§. 62.

Jede Miſchung iſt mit einer mehr oder weniger merklichen Aenderung, ſowohl der phyſikaliſchen als der chemiſchen Ei-

Digitized by Google

genschaften (§. 26.) der sich mischenden Körper begleitet. Hierbei findet der besonders merkwürdige Unterschied statt, daß die Bestandtheile gewisser Gemische noch mehr oder weniger ihre physikalischen und chemischen Eig nschaften zeigen, so daß das Gemisch selbst gleichsam als ein Mittelding zwischen seinen Bestandtheilen erscheint; hingegen andere Gemische sind von der Art, daß keiner ihrer Bestandtheile mehr seine ursprünglichen Eigenschaften zeigt, vielmehr das Ganze sich als etwas von seinen Bestandtheilen wesentlich Verschiedenes darstellt. Wir unterscheiden diese beide Arten von Gemischen als Gemische der ersten und Gemische der zweiten Art, oder auch als minder innige und innigere Gemische.

Im Allgemeinen kann man setzen: je größer die Verwandtschaft zwischen zweien Stoffen, desto verschiedener von ihnen stellt sich das Gemisch dar, und umgekehrt, je schwächer die Verwandtschaft zwischen zweien Stoffen, desto weniger weicht das Gemisch in seinen Eigenschaften von denen seiner Bestandtheile ab.

Hieher gehören Berzelius's interessante Untersuchungen über die Verbindungen, welche auf schwächeren Verwandtschaften beruhen, in Schweigger's und Meinecke's Journ. d. Chem. u. Phys. Bd. XXXI. S. 258 u. fg.

§. 63.

Jede Mischung erfordert einen bestimmten Wärmegrad: in vielen Fällen ist hiezu schon die gewöhnliche Temperatur der Atmosphäre hinreichend; in den meisten wird hingegen erhöhte Temperatur erfordert.

Vergl. unten im Kap. von der Wärme.

§. 64.

Eine Mischung zwischen festen Körpern erfolgt nur sehr selten, ohne Zweifel, weil in ihnen die Cohäsion zu stark entgegen wirkt.

Das alte chemische Axiom: Corpora non agunt nisi fluida, ist jedoch in völliger Allgemeinheit nicht richtig, da Eis mit vielen Salzen unter 0 sich mischt; Krystl. Sauerkleesäure mit Kalkerde u. s. w.

Digitized by Google

§. 65.

Wenn ein fester Körper mit einem tropfbar oder gasförmig flüssigen Körper sich dergestalt mischt, daß der feste mit dem flüssigen flüssig wird, so heißt die Mischung Auflösung (im weitesten Sinne), der flüssige Stoff das Auflösungsmittel (Menstruum), und der feste das Solvendum oder Solutum. Wenn hingegen bei einer solchen Mischung der flüssige Körper mit dem festen fest wird, so nennt man sie Verschluckung (Absorptio).

Wenn übrigens eine solche Mischung von der ersten Art (§. 62.) ist, so pflegt man sie bloß Lösung (Solutio) zu nennen, und Auflösung (Dissolutio) nur von Mischungen der zweiten Art zu gebrauchen.

Auf nassem Wege (via humida) heißt eine Mischung, wenn der tropfbarflüssige Körper mittelst Wasser oder einer andern wäßrigen Flüssigkeit flüssig ist; auf trocknem Wege (via sicca) hingegen, wenn der tropfbarflüssige Körper nicht durch Wasser oder eine andere wäßrige Flüssigkeit flüssig ist.

Die Auflösung wird erleichtert und befördert durch vorhergegangene feine mechanische Zertheilung des aufzulösenden Körpers.

§. 66.

Eben diese Benennungen gebraucht man, wenn ein liquider Körper mit einem gasförmigen sich mischt: ist nämlich die Mischung gasförmigflüssig, so heißt sie Auflösung; ist sie hingegen tropfbarflüssig, Verschluckung.

Die Verschluckung wird erleichtert und befördert durch mechanischen Druck.

§. 67.

Liquide Körper mischen sich, wenn überhaupt Verwandtschaft zwischen ihnen statt findet, sehr leicht mit einander wiederum zu liquiden Körpern.

Digitized by Google

§. 68.

Zwischen den gasförmigen Körpern findet ein sehr verschiedenes Verhalten statt. Einige Gasarten mischen sich schon in gewöhnlicher Temperatur zu dampfförmigen oder gar festen Körpern (verdichten sich, condensiren), andere erst in erhöhter, oder unter Zutritt des Lichts, wieder andere bloß dann, wenn durch ein Gemeng von beiden elektrische Funken schlagen, oder das eine Gas in dem Augenblick seiner Entwicklung aus einem festen oder tropfbarflüssigen Körper mit dem andern in Berührung kommt; endlich mischen sich einige Gasarten nur dann, wenn noch ein dritter Körper gegenwärtig ist, der ihre Vereinigung gleichsam vermittelt, und wieder einige mischen sich unter keinen Umständen direct mit einander, obwohl eine Mischung zwischen ihnen möglich ist, wenn sie einander in, schon mit andern Körpern gemischtem Zustande treffen.

Von der gleichmäßigen Vertheilung der Gasarten (Gasgemeng) s. oben §. 49.

§. 69.

Die Verbindungen der Körper mit den Imponderabilien, die schon oben (§. 13.) berührt worden, lassen sich nicht wohl unter einen allgemeinen Gesichtspunkt zusammenfassen, indem jeder der vier unwägbaren Stoffe sich auf eine sehr abweichende Weise gegen die Ponderabilien verhält; s. daher unten von den Imponderabilien.

§. 70.

Die Imponderabilien vermitteln übrigens häufig die Mischung zwischen den wägbaren Körpern, einige sogar machen die Mischung erst möglich, welches namentlich von der Wärme gilt.

§. 71.

Der Mischung ist entgegengesetzt die Scheidung, Zer-

Digitized by Google

legung (Analysis), worunter man die Trennung der Grundstoffe eines Gemisches versteht.

Scheidung ist wohl zu unterscheiden von mechanischer Zertheilung, welche bloß in der Zerlegung eines Körpers in, dem Ganzen gleichartige, Theile besteht.

Scheidung kann ebenfalls wie Mischung auf trockenem und auf nassem Wege vor sich gehen.

§. 72.

Nach der Scheidung eines Gemisches in seine Grundstoffe stellen sich letztere unter gleichen Umständen in der nämlichen Cohäsionsform (§. 7.) dar, in welcher sie vor der Mischung bestanden.

§. 73.

Da Scheidung nur dann möglich ist, wenn die Verwandtschaft zwischen den beiden Grundstoffen des Gemisches aufgehoben oder wenigstens überwunden wird, so werden alle Mittel, welche dieß bewirken können, eine Scheidung veranlassen. Solche Mittel nennt man deßhalb Scheidungsmittel.

§. 74.

Wenn die Scheidung von der Art ist, daß ein fester, in der Mischung mit einem andern aber flüssig gewordener Körper, wieder seinen festen Zustand nach der Scheidung annimmt, so heißt eine solche Scheidung eine Fällung oder Niederschlagung (Praecipitatio), der ausgeschiedene Stoff ein Niederschlag (Praecipitatum), das Scheidungsmittel ein Fällungsmittel (Praecipitans).

Von dem größeren oder geringeren spec. Gewicht des Niederschlags im Verhältnisse zu dem der Flüssigkeit, woraus er erfolgt, hängt es übrigens ab, ob der Niederschlag wirklich die unterste oder die oberste Stelle einnimmt.

Von besonderer Form sind die Niederschläge der Metalle (Metallbäume, Metallvegetationen).

Digitized by Google

§. 75.

Wenn hingegen ein gasförmiger Körper aus einem Gemische, worin er im festen oder liquiden Zustande enthalten war, ausgeschieden wird, so ist die Zersetzung mit Aufbrausen (Effervescentia) begleitet; geschieht die Zersetzung plötzlich, und mit großer Heftigkeit, so heißt sie Verpuffung (Detonatio.)

Zersetzung der kohlensauren Salze durch Säuren. Verpuffen der salpetersauren Salze mit brennbaren Körpern.

§. 76.

Ein Körper A wird selbst als Scheidungsmittel auf ein Gemisch B C wirken können, wenn er einen stärkern Grad der Verwandtschaft (§. 58) gegen B äußert als C gegen B. Gewöhnliche Bezeichnung einer solcher Scheidung

Zinnober (Schwefelqueckſilber) wird durch Eiſen zerlegt.

Die liegende Klammer bezeichnet nämlich stets die stärkere, die stehende die schwächere Verwandtschaft.

§. 77.

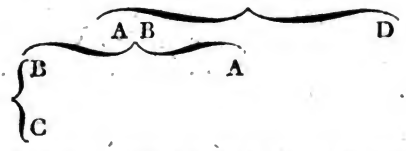
Ein Stoff A kann ein Gemisch B C auch dadurch zerlegen, daß er durch größere Verwandtschaft gegen B und C wirkt, wodurch die Verwandtschaft zwischen diesen beiden Stoffen überwunden wird.

Digitized by Google

Schwefeleisen durch Sauerstoff.

§. 78.

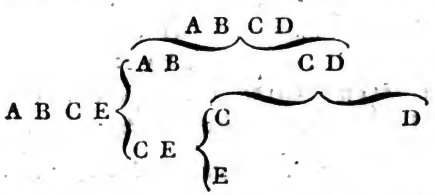
Ein Gemisch B C wird manchmal durch einen Körper A nur dann zerlegt, wenn noch ein dritter D hinzukömmt, der zu A B eine nahe Verwandtschaft hat. Diese Art der Verwandtschaftsäusserung nennt man nicht ganz passend, vorbereitende Verwandtschaft. (Affinitas praedisponens.)



Wasser wird nur schwierig durch Eisen allein, aber sehr leicht, wenn eine Säure gegenwärtig ist, zerlegt.

§. 79.

Zerlegungen erfolgen häufig, wenn einem Stoff E ein anderer Stoff C entzogen wird, mit welchem verbunden er nur in einem Gemisch A B C E beharren kann.



Von der Art sind alle Metallniederschläge, wo dem Metall E durch ein anderes Metall D der Sauerstoff C entzogen wird.

§. 80.

Die kräftigsten Scheidungsmittel sind die Imponderabilien, und zwar vorzugsweise die Elektricitäten (§. 215), in geringerem Grade die Wärme, und in noch geringerem das Licht.

§. 81.

Wenn ein Stoff aus einem Gemische so ausgeschieden worden, wie er in demselben mit einem andern verbunden

Digitized by Google

enthalten war, so heißt er bloß ausgeschieden (Eductum); wenn er hingegen entweder mit dem Scheidungsmittel verbunden, oder auf andere Art in seiner chemischen Natur verändert ausgeschieden worden, so heißt er hervorgebracht (Productum).

Diese Veränderung seiner chemischen Natur bezieht man indeß bloß auf seine Verbindung mit einem wägbaren Stoff.

Kohlensäure aus einem kohlensauren Salz durch Schwefelsäure ist Educt. Kohlensäure durch Glühen eines Metalloxyds mit Kohle erhalten ist Product.

§. 82.

Wenn in zwei Gemischen A C und B D, die Summe der Verwandtschaften von A zu B und C zu D größer ist als die Summe der Verwandtschaften von A zu C und B zu D, so werden zwei solche Gemische einander wechselseitig zerlegen. Eine solche Zerlegung erfolgt durch doppelte Wahlverwandtschaft, doppelte Wahlanziehung. (Attractio electiva duplex.) Bei einer solchen doppelten Wahlverwandtschaft kommt es also nicht auf den Grad der einfachen Wahlverwandtschaften (§ 60) der Körper, sondern lediglich auf die Summe je zweier Verwandtschaften an.

Gewöhnliche Bezeichnung der Wirkung der doppelten Wahlverwandtschaft.

wo liegende und stehende Klammern dieselbe Bedeutung haben wie im §. 76.

Schwefelsaures Kali und salpetersaurer Baryt geben schwefelsauren Baryt und salpetersaures Kali.

Digitized by Google

§. 83.

Wenn die Verwandtschaft zwischen A und B größer ist als die Summe der Verwandtschaften zwischen A und C, B und D; zwischen C und D aber gar keine Verwandtschaft statt findet, so wird dennoch eine Zerlegung erfolgen, wobei aber C und D unverbunden bleiben werden. Eine solche Zerlegung erfolgt also eigentlich nicht durch doppelte Wahlverwandtschaft, sondern nur durch einfache, welche aber zwei Verwandtschaften überwindet.

Kali-Thonerde durch salzsaures Ammoniak.

§. 84.

In vielen Fällen erfolgen aber Zerlegungen, welche den Gesetzen der Wahlverwandtschaft zu widersprechen scheinen. Bei genauerer Untersuchung ergiebt sich indeß stets, daß andere, meistens unwägbare, Stoffe die Wirkung modificirt haben. Daher erfolgen häufig die Zersetzungen nicht nach einem so einfachen Princip, als in den vorhergehenden §§. dargestellt worden ist. Die Wirkungen, welche wir der einfachen Wahlverwandtschaft zuschreiben, hängen nämlich häufig von einer doppelten ab, und die der doppelten sind häufig auf eine noch mehrfachere Weise verwickelt.

Hieraus ergiebt sich, wie ein Gemisch B C (Borax) in gewöhnlicher Temperatur durch A, (Schwefelsäure) das Gemisch A B (schwefelsaures Kali) aber in höherer Temperatur (also unter Mitwirkung einer größeren Menge Wärme) durch C (Boraxsäure) zerlegt werden kann; wo also in jenem Falle A eine größere Verwandtschaft zu B als B zu C zeigt, in diesem das umgekehrte statt findet; ferner wie in gewöhnlicher Temperatur eine Zerlegung statt finden kann, wie folgendes Schema zeigt:

Digitized by Google

(Gyps durch salzsauren Baryt)

während in höherer Temperatur die Zerlegung erfolgt, wie

(Schwerspath durch salzsauren Kalk.)

Was hier in Beziehung auf die Wärme angeführt worden, gilt mehr oder weniger auch hinsichtlich der übrigen Imponderabilien, und wahrscheinlich finden manchmal noch verwickeltere Wirkungen mehrerer Imponderabilien zugleich statt. Da wir aber eben nicht im Stande sind, die Wirkungen der Ponderabilien von dem Einflusse der Imponderabilien ganz zu befreien, so ergiebt sich hieraus, wie unsicher alles das ist, was wir über Verwandtschaftsäusserungen vorherzusagen uns erkühnen, wenn die Prämissen aus Erfahrungen abgeleitet wurden, die unter veränderten Verhältnissen der Körper zu den Imponderabilien angestellt worden sind. Namentlich ergiebt sich hieraus in Beziehung auf die sogenannten Verwandtschaftstafeln, daß sie keineswegs leisten, was durch sie beabsichtigt wird; denn abgesehen, daß sie nicht einmal die verschiedenen Bedingungen angeben, unter denen sich verschiedene Körper mit einander verbinden, nehmen sie keine Rücksicht (und können es auch nicht) auf den Einfluß der Imponderabilien; höchstens, daß noch die Verwandtschaftsordnung auf trocknem und die veränderte auf nassem Wege (§. 65) angegeben wird.

§. 85.

So mannichfaltig die chemischen Wirkungen sich zeigen, so lassen sie sich doch alle auf die beiden chemischen Processe, auf Mischung oder Scheidung zurückführen; meistens erfolgen aber beide Processe zugleich.

Digitized by Google

§. 86.

Aus den §§ 62—84 ergiebt sich, wie verschieden das chemische Verhalten zweier Stoffe (einfacher oder zusammengesetzter) gegen einander seyn kann. Ist damit irgend eine bestimmte, wahrnehmbare, und nur diesen beiden Stoffen zukommende Qualitätsveränderung (§. 2) verbunden, so kann man, wenn der eine von beiden Stoffen bekannt ist, daraus auf die Gegenwart des andern schließen. Solche Stoffe, welche die Gegenwart eines andern durch irgend eine Veränderung anzeigen, heißen gegenwirkende Mittel (Reagentia).

II.

Relative Größenverhältnisse der sich mischenden Körper.

§. 87.

Alle Größenverhältnisse der sich mischenden Körper betreffen entweder deren Massen (§. 6.) oder deren Räume (§. 5.). Die Größenverhältnisse der letzteren betreffen wiederum entweder das Volumen oder die Gestalt (§. 5.). Mit der Kenntniß der Größenverhältnisse der Massen und der Voluminum ist zugleich die Kenntniß der Dichtigkeitsverhältnisse (§. 33.) gegeben.

A.

Von den Größenverhältnissen der Massen der sich mischenden Körper.

§. 88.

Körper können sich mit einander mischen: 1) in allen nur möglichen Verhältnissen; 2) zwar in unendlich vielen Verhältnissen, wo aber doch eines als Maximum gilt; 3) nur in wenigen unveränderlichen oder gar nur in einem einzigen Verhältnisse.

Digitized by Google

Da nach §. 34. die Massen der Körper durch das absolute Gewicht bestimmt werden, so lassen sich solche Massenverhältnisse durch Gewichtsverhältnisse (Gewichtstheile) ausdrücken; welche also in der Folge stets gemeint sind, wenn von Mischungsverhältnissen schlechthin die Rede ist.

§. 89.

Bei allen Gemischen der ersten Art (minder innige Gemische §. 62.) finden die Fälle 1 und 2 (§. 88.), also stets eine unendliche Zahl von Mischungsverhältnissen, statt. Wo aber eines als Maximum gilt, d. h. wo eine gewisse Quantität eines Stoffs die größtmöglichste ist, welche von einem andern aufgenommen werden kann, da tritt ein Zustand ein, den wir Sättigung nennen: wir sagen nämlich ein Stoff ist mit einem andern gesättigt, wenn er so viel von demselben aufgenommen hat, als er unter den jedesmaligen Umständen aufnehmen kann.

Bei jeder Auflösung (§. 65.) muß offenbar die Cohäsion des aufzulösenden Körpers überwunden werden; es läßt sich daher für diesen Fall die Sättigung als derjenige Zustand betrachten, in welchem die auflösende Kraft des Auflösungsmittels (Verwandtschaft) und die Cohäsion des aufzulösenden Körpers mit einander ins Gleichgewicht getreten sind. Bei einer Verschluckung eines gasförmigen Körpers (§. 65.) hingegen muß dessen Expansivkraft überwunden werden; Sättigung wird daher in diesem Falle eintreten, wenn die Expansivkraft des Gases und die absorbirende Kraft (Verwandtschaft) des festen oder tropfbarflüssigen Körpers einander das Gleichgewicht halten. Da Cohäsion und Expansivkraft einander entgegengesetzt sind, so ist es klar, daß man ganz verschiedene Wege einschlagen müsse, um die eine oder die andere dieser Kräfte zu überwinden und das Auflösungs- oder Absorptionsmittel zu vermögen, eine größere Menge von dem aufzulösenden oder zu verschluckenden Körper aufzunehmen: Wärme vermindert die Cohäsion; daher größere Auflösungsfähigkeit eines Auflösungsmittels durch Erhöhung der Temperatur; Kälte vermindert die Expansivkraft gasförmiger Körper; daher größere Absorptionsfähigkeit eines Absorptionsmittels durch Erniedrigung der Temperatur.

Digitized by Google

Endlich ist es hieraus erklärlich, warum gewisse Stoffe einander gar nicht sättigen können. (Wässrige Flüssigkeiten, Metallegirungen.) Ferner warum man zu einer Auflösung von dem Auflösungsmittel bis ins Unendliche setzen kann, welches stets in die Mischung eingeht, nicht aber von dem aufzulösenden Körper.

§. 90.

Auch bei den Gemischen der zweiten Art tritt Sättigung ein. Nur bezeichnet man hier damit denjenigen Zustand, in welchem die sich mischenden Stoffe ihre, im isolirten Zustande ihnen zukommenden Eigenschaften mehr oder weniger verloren haben. Zweckmäßiger nennt man diesen Zustand Neutralität (Indifferenz, chemisches Gleichgewicht). Beträgt einer der beiden Bestandtheile eines solchen Gemisches mehr als zur Neutralität erforderlich ist, so sagt man, er schlägt vor, (wallet vor).

Vergl. unten Neutralität der Salze.

§. 91.

Betrachtet man den Zustand der Sättigung bei Gemischen der ersten Art, und den der Neutralität bei Gemischen der zweiten Art, so stößt man auch in dieser Beziehung auf einen merkwürdigen, zwischen beiden Arten von Gemischen statt findenden Unterschied. Bei jenen kann nie Uebersättigung eintreten; obgleich der Sättigungspunct unter verschiedenen Umständen, namentlich bei verschiedenen Temperaturen, verschieden ist. — Je höher die Temperatur, desto mehr kann im Allgemeinen ein Stoff von einem andern aufnehmen. — Bei diesen kann zwar Uebersättigung eintreten, aber der Neutralitätspunct ist auch unter den verschiedensten Umständen unveränderlich derselbe. — Bei jenen ist die Sättigung nur einseitig, d. h. ein Stoff A kann zwar von dem Stoffe B gesättigt werden, nicht aber umgekehrt; bei diesen hingegen tritt eine wechselseitige Sättigung ein: entweder in

Digitized by Google

einem Verhältnisse zwischen A und B oder in zweien Verhältnissen, wo einmal A durch B (die kleinste Menge von A durch die größte von B) das anderemal B durch A (die kleinste Menge von B durch die größte von A) gesättigt ist.

§. 92.

Wenn ein Stoff A mit einem andern B in n verschiedenen Gewichtsverhältnissen zu Gemischen der zweiten Art sich vereinigt, und in demjenigen Verhältnisse, worin B durch A vollkommen gesättigt ist (§. 90.) A $\frac{1}{m}$ seines Gewichts von B aufnimmt, so nimmt A in den übrigen Gemischen $\frac{2}{m}$, $\frac{3}{m}$ .... $\frac{n}{m}$ Gewichtstheile von B auf. Hieraus folgt umgekehrt, daß wenn in demjenigen Verhältnisse, worin A durch B vollkommen gesättigt ist, B $\frac{m}{n}$ seines Gewichts von A aufnimmt, B in den übrigen Gemischen $\frac{m}{n-1}$, $\frac{m}{n-2}$ ... m Gewichtstheile von B aufnimmt. Es fehlen jedoch manchmal Glieder jener ersten Reihe und selbst das erste, so daß das Glied, wo A $\frac{2}{m}$ seines Gewichts von B aufnimmt, das erste ist. Hiebei ist jedoch nicht ausgemacht, ob diese fehlenden Glieder gar nicht bestehen, oder bloß noch unentdeckt sind. Geht man von jener ersten Reihe aus, so nennt man das Gemisch, wo A $\frac{1}{m}$ Th. von B aufgenommen, eine Verbindung der ersten Ordnung, wo A $\frac{2}{m}$ Th. von B aufgenommen, eine Verbindung der zweiten Ordnung, wo

Digitized by Google

A $\frac{3}{m}$ Th. von B aufgenommen, eine Verbindung der dritten Ordnung u. s. w.; gleichviel ob alle diese Verbindungen wirklich bestehen oder nicht. Geht man hingegen von der zweiten Reihe aus, so nennt man das Gemisch, wo B $\frac{m}{n}$ Th. von A aufgenommen, eine Verbindung der ersten Ordnung, wo B $\frac{m}{n-1}$ Th. von A aufgenommen, eine Verbindung der zweiten Ordnung, wo B $\frac{m}{n-2}$ Th. von A aufgenommen, eine Verbindung der dritten Ordnung u. s. w.

Z. B. Ein Stoff (Mangan) verbinde sich mit einem andern (Sauerstoff) in 4 verschiedenen Verhältnissen, und in demjenigen Verhältnisse, worin der Sauerstoff durch das Mangan vollkommen gesättigt ist, nehme das Mangan 1/7 seines Gewichts vom Sauerstoff auf, so nimmt es in den übrigen Gemischen, unter der Voraussetzung, daß kein Glied fehlt, 2/7, 3/7 und 4/7 Gew. Th. vom Sauerstoff auf. Hieraus folgt nun umgekehrt, daß in demjenigen Verhältnisse, worin das Mangan durch den Sauerstoff vollkommen gesättigt ist (im Hyperoxyd), der Sauerstoff 7/4 seines Gewichts vom Mangan aufnimmt, und in den übrigen drei Gemischen 7/3, 7/2, und 7/1. Geht man von jener ersten Reihe aus, so ist das Gemisch 1 Mangan mit 1/7 Sauerstoff eine Verbindung der ersten Ordnung, das Gem. 1 M. mit 2/7 S. eine Verb. der zweiten Ordnung, das Gem. 1 M. mit 3/7 S. e. Verb. der dritten Ordnung, das Gem. 1 M. mit 4/7 S. e. V. der vierten Ordnung. Geht man hingegen von der zweiten Reihe aus, so ist das Gem. 1 Sauerst. mit 7/4 Mangan e. V. der ersten O., das Gem. 1 S. mit 7/3 M. e. V. der zweiten O., das Gem. 1 S. mit 7/2 M. e. V. der dritten O. und das Gem. 1 S. mit 7 M. e. V. der vierten Ordnung.

Digitized by Google

§. 93.

Man ersieht aus dem vorhergehenden §., daß man bei Bestimmung der Ordnungen der Verbindungen zwischen zwei Stoffen A und B, entweder von A oder von B ausgehen könne: in jenem Falle ist A der aufnehmende, B der aufgenommene Stoff; in diesem Falle B der aufnehmende und A der aufgenommene Stoff. Für eine große Anzahl von Gemischen, die alle einfachen Stoffe mit einem Stoff, den Sauerstoff, eingehen, hat man indeß jene Stoffe als die aufnehmenden, und den Sauerstoff durchaus als den aufgenommenen, gesetzt. Da nun, wie sich unten (§. 98.) ergeben wird, für jeden Stoff gewisse Zahlwerthe (Verhältnißzahlen) und zwar fast durchgängig aus den Verbindungen desselben mit Sauerstoff abgeleitet werden, so bestimmen dann diese Zahlen die Ordnungen der mannigfaltigen Verbindungen der einfachen Stoffe unter einander, wenn man gedachte Zahlen mit den, jeder Verbindung zukommenden, Mischungsverhältnissen vergleicht.

§. 94.

Von diesem Gesichtspunkte ausgegangen, werden also diejenigen Verbindungen aller einfachen Stoffe mit Sauerstoff, in welchen das Minimum von diesem mit dem Maximum von jenen verbunden ist, Verbindungen der ersten Ordnung seyn; wo es jedoch seyn kann, daß manchmal eine solche Verbindung nicht besteht, sondern entweder hypothetisch vorausgesetzt, oder bloß als imaginär angenommen wird.

§. 95, a.

In seiner in diesem Sinn genommenen Verbindung der ersten Ordnung pflegt man zu sagen: es habe sich ein Verhältnißtheil irgend eines der einfachen Stoffe mit einem Verhältnißtheil Sauerstoff verbunden, und so wie die Verbindungen in den höheren Ordnungen fortschreiten, so schreiten in gleichem Maaße die Verhältnißtheile des Sauerstoffs, stets mit einem Verhältnißtheil des andern Stoffs verbunden, fort; so daß z. B. in einer Verbindung der dritten

Digitized by Google

Ordnung 1 Verh. Th. von diesem mit 3 Verh. Th. von jenem verbunden ist. Die relative Anzahl der Verhältnißtheile in allen übrigen Verbindungen bestimmt sich endlich eben so, wie sich nach §. 93. die Ordnungen dieser Verbindungen bestimmen.

Die Bestimmung der Verhältnißtheile in allen Oxyden scheint nach diesen Grundsätzen keiner Zweideutigkeit unterworfen zu seyn. Da wo mehrere Verbindungsstufen statt finden, ergeben sich aus ihren Mischungsverhältnissen die Ordnungen, und mithin auch die Anzahl der Verhältnißtheile in den verschiedenen Verbindungsstufen von selbst. Da wo nur eine Verbindungsstufe bekannt ist, scheint es am angemessensten, diese für eine Verbindung der ersten Ordnung zu nehmen. Allein da häufig diese Verbindungen eine große Aehnlichkeit in ihrem chemischen Verhalten mit andern Verbindungen, die von der zweiten Ordnung sind, zeigen: so hat dieser Umstand einige Chemiker veranlaßt, auch jene Verbindungen zur zweiten Ordnung zu zählen. Berzelius bemerkt in s. Vers. üb. die Theorie der chem. Proport. ꝛc. S. VII., in Beziehung auf diesen Gegenstand, daß er zwar feste Anhaltungspuncte aufzufinden gesucht habe, aber auch nicht einen einzigen aufgefunden, der ihn in den Stand gesetzt hätte, auch nur das Mindeste auf eine entscheidende Weise festzustellen. Durch Vergleichung mehrerer zusammengesetzter Körper mit einander, glaubte er indeß feststellen zu können, daß ein elektropositiver Körper (z. B. Schwefel, Kalium) stets eine Neigung habe, sogleich Verbindungen höherer Ordnungen mit einem elektronegativen (Sauerstoff) einzugehen, und gleichsam die ersten oder wenigstens die erste Verbindungsstufe zu überspringen, während umgekehrt ein elektronegativer Körper nur höchst selten Verbindungen höherer Ordnungen mit einem elektropositiven eingehe. Da sich ihm, diese Hypothese auf die Analysen mehrerer zusammengesetzter Körper anwendend, eine größere Einfachheit in der Zusammensetzung der Körper ergab, so ist sie allerdings für zulässig zu erachten; nur hüte man sich, sie für mehr auszugeben, und durch sie den Beweis eines Zusammenhangs der Verbindungen gleicher Ordnungen mit andern übereinstimmenden

Digitized by Google

Eigenschaften führen zu wollen. (Vergl. unten §. 136. Anm.). Uebrigens ist noch zu erinnern, daß diese Sache rein theoretisch ist, und daß willkührliche Annahmen in dieser Beziehung der in den Verbindungen herrschenden, und empirisch nachgewiesenen Gesetzmäßigkeit gar keinen Abbruch thue.

Die Verwandtschaft zwischen A und B, auf den verschiedenen Verbindungsstufen äussert sich sehr verschieden: eine Verbindung, welche viele Verhältnißtheile eines Bestandtheils enthält, läßt gewöhnlich einen oder einige Verhältnißtheile leicht fahren, und verwandelt sich dadurch in eine Verbindung einer niedern Ordnung. Mit bei weitem größerer Verwandtschaft werden aber die Bestandtheile der letztern zusammengehalten. Sehr selten findet das umgekehrte Verhalten statt.

§. 95, b.

Von zwei Verbindungen pflegt man zu sagen, daß sie gleiches stöchiometrisches Verhältniß haben, wenn sie Verbindungen derselben Ordnung sind, wobei übrigens vorausgesetzt wird, daß auch die Bestandtheile solcher Verbindungen, wenn sie zusammengesetzte Körper sind, Verbindungen gleicher Ordnungen seyen u. s. w.

So stehen z. B. phosphorsaures Bleioxydul und arsenikfaures Bleioxydul in gleichem stöchiometrischen Verhältnisse; denn beide Salze sind Verbindungen derselben Ordnung, und auch die Phosphorsäure und Arsenikfäure sind Verbindungen gleicher Ordnung.

§. 96.

Wenn sich zu Gemischen der zweiten Art verbinden:

A	mit B	in	dem	Verh.	a : b
B	— C	"	"	"	b : c
C	— D	"	"	"	c : d
u. s. w.					u. s. w.

Digitized by Google

so werden sich auch verbinden

A	mit	C	in	dem	Verh.	a : c
B	—	D	"	"	"	b : d
A	—	D	"	"	"	a : d

oder man kann überhaupt setzen, wenn man diese Verbindungsverhältnisse in Form von Proportionen ausdrückt, es verbinden sich:

A mit B mit C mit D = a : b : c : d

worin also die Verhältnisse für alle, je aus zwei dieser Körper bestehende, Verbindungen der ersten Ordnung zwischen den vier Körpern A, B, C, D gegeben sind.

Die allgemeine Form für alle, je aus zwei dieser Körper bestehende, Verbindungs-Verhältnisse aller Ordnungen, ist:

A mit B mit C mit D

(1, 2, 3...) a : (1, 2, 3...) b : (1, 2, 3...) c : (1, 2, 3...) d

§. 97.

Was nach dem vorigen §. für die Mischungsverhältnisse von vier Körpern gilt, gilt auch für jede beliebige Anzahl von Körpern. Hieraus ergiebt sich, daß man alle Mischungsverhältnisse der ersten Ordnung kennt, welche zwischen jeder Anzahl von Körpern statt finden können, wenn bloß so viele bekannt sind, als die Anzahl derselben weniger 1 beträgt. Zu gleicher Zeit sind auch damit alle Mischungsverhältnisse der Verbindungen höherer Ordnungen gegeben, wenn man von jeder solchen Verbindung weiß, von welcher Ordnung sie ist.

Z. B. Wenn sich verbinden:

Sauerstoff mit Wasserstoff	=	1	: 0,1327
Sauerstoff mit Kohlenstoff	=	1	: 0,7539
Sauerstoff mit Stickstoff	=	1	: 1,7547

u. s. w.

Digitized by Google

so kann man nach dem vorigen §. überhaupt setzen:

Sauerstoff mit Wasserstoff mit Kohlenstoff mit Stickstoff

=

1 : 0,1327 : 0,7539 : 1,7547

und da

Sauerstoff mit Wasserstoff eine Verbindung der 1sten Ordnung
Sauerstoff mit Kohlenstoff " " " 1sten " und
" 2ten "
Sauerstoff mit Stickstoff " " " 1sten "
" 2ten "
" 3ten "
" 4ten " und
" 5ten "
Wasserstoff mit Kohlenstoff " " " 1sten " und
" 2ten "
Wasserstoff mit Stickstoff " " " 3ten "
Kohlenstoff mit Stickstoff " " " 2ten "

darstellt, so ergeben sich für diese Gemische die Mischungsverhältnisse:

Sauerstoff mit Wasserstoff = 1 : 0,1327
" " Kohlenstoff = 1 : 0,7539
" " " =2.1 : 0,7539
" " Stickstoff = 1 : 1,7547
" " " =2.1 : 1,7547
" " " =3.1 : 1,7547
" " " =4.1 : 1,7547
" " " =5.1 : 1,7547
Wasserst. mit Kohlenst. = 0,1327 : 0,7539
" " " =2. 0,1327 : 0,7539
" " Stickstoff =3. 0,1327 : 1,7547
Kohlenst. mit Stickstoff =2. 0,7539 : 1,7547

§. 98.

Die Zahlen, welche die Verhältnisse andeuten, in welchem sich jeder Stoff mit allen übrigen zu Gemischen der ersten Ordnung vereinigt, heißen relative Gewichte der

Atome, chemische Aequivalentenzahlen, stöchiometrische Werthe oder Verhältnißzahlen der Körper. Gewöhnlich wird der stöchiometrische Werth des Sauerstoffs als Einheit gesetzt.

Einige setzen auch den Wasserstoff als Einheit.

Wollaston's Aequivalentenscale.

Hinsichtlich der Ausmittlung der Verhältnißzahlen der Körper hat dasjenige Bezug, was §. 95 Anm. erinnert worden. Da nämlich diese Verhältnißzahlen stets aus den Verbindungen der ersten Ordnung bestimmt werden, so müssen sie, wenn man über die Verbindung der ersten Ordnung nicht einig ist, verschieden ausfallen. Diese Verschiedenheit beschränket sich indeß bei weitem am meisten bloß darauf, daß der eine Chemiker die Verhältnißzahl eines Elements halb oder doppelt so groß angiebt als ein anderer; denn wenn der eine ein Gemisch für eine Verbindung der ersten Ordnung hält, der andere aber für eine Verbindung der zweiten, so wird dieser eine zweimal so große Verhältnißzahl wie jener erhalten, und umgekehrt.

§. 99.

Die Verhältnißzahlen zusammengesetzter Körper der ersten Ordnung sind gleich der Summe der Verhältnißzahlen ihrer Bestandtheile. Die Verhältnißzahlen zusammengesetzter Körper der zweiten, dritten u. s. w. Ordnung sind gleich der Summe der Verhältnißzahlen des einen Bestandtheils + der 2, 3 u. s. w. fachen Verhältnißzahl des andern Bestandtheils. Endlich die Verhältnißzahlen der auch noch so sehr zusammengesetzten Körper ist stets gleich der Summe der Verhältnißzahlen aller einzelnen Bestandtheile, wobei die Verhältnißzahlen der letzteren immer so vielmal genommen werden, als Verhältnißtheile (§. 95, b) davon in der Verbindung enthalten sind.

Z. B. So ist die Verhältnißzahl

des Wassers	1 + 0, 1327	= 1, 1327
des Kohlenoxydgases	1 + 0, 7539	= 1, 7539
der Kohlensäure	2. 1 + 0, 7559	= 2, 7539

u. s. w.

Digitized by Google

Da sich die Gewichtsverhältnisse der Bestandtheile einer jeden chemischen Verbindung durch die Zahl ihrer resp. Verhältnißtheile auf eine einfache Weise ausdrücken lassen, wenn die entsprechenden Verhältnißzahlen bekannt sind: so wird die Uebersicht noch mehr erleichtert, wenn man statt der Namen der Bestandtheile, allgemein verständliche Zeichen gebraucht. Der Grundsatz, von welchem man hierbei ausgeht, ist, daß man für die elementaren Stoffe Zeichen substituirt, durch deren Aneinanderreihung die zusammengesetzten Stoffe bezeichnet werden. Nach Berzelius wählen wir die Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen der Körper zu chemischen Zeichen, und da mehrere von ihnen einerlei Anfangsbuchstaben haben, so unterscheiden wir sie auf folgende Weise: a) die einfachen nicht metallischen Körper (darunter also auch der Sauerstoff) werden bloß mit dem Anfangsbuchstaben bezeichnet, wenn er sich auch unter den Metallen wieder finden sollte; b) bei den Metallen aber wird dem Anfangsbuchstaben, wenn er unter ihnen oder unter den nicht metallischen Körpern schon ein- oder einigemal vorkommt, der zweite Buchstabe, oder wenn dieser nicht bezeichnend genug seyn sollte, der nächste Consonant im Worte hinzugefügt. — Das chemische Zeichen drückt stets nur einen Verhältnißtheil aus; sollen mehrere bezeichnet werden, so fügt man, wie einen Coefficienten eine Ziffer zur Linken bei, welche die Anzahl der Verhältnißtheile ausdrückt. So wird z. B. Kupferoxydul bezeichnet durch Cu + O, Kupferoxyd durch Cu + 2O. Da indeß diese Bezeichnungsart, auf die Verhältnißtheile der noch mehr zusammengesetzten Körper angewandt, zu lang werden würde, so schlug Berzelius zur Abkürzung vor, den Sauerstoff, da er in die meisten Verbindungen, und zwar oft bis zu einer bedeutenden Anzahl Verhältnißtheile eingeht, durch Puncte über dem Zeichen des oxydirten Radicals zu bezeichnen, und zwar so, daß die Anzahl der Puncte die Anzahl der Sauerstoff-Verhältnißtheile im Oxyde ausdrückt: z. B. Kupferoxydul durch Ċu und Kupferoxyd durch C̈u.

Diese Abkürzung ist sehr passend und zweckmäßig; man kann aber noch weiter gehen. Da nämlich in gewisser Beziehung von dem Wasserstoff dasselbe wie vom Sauerstoff gilt, indem auch er in viele Verbindungen (Wasserstoffsäuren und Ammoniak) eingeht, so kann man auch ihn auf ähnliche Weise, und zwar durch

Digitized by Google

Puncte unter dem Zeichen des hydrogenirten Radicals: z. B. Schwefelwasserstoff durch $\dot{S}$, Ammoniak durch $\dot{A}$ bezeichnen. Da es wenige sehr zusammengesetzte Körper giebt, in denen nicht entweder Sauerstoff oder Wasserstoff, und besonders ersterer, als mehreren binären Verbindungen gemeinschaftlich zukommender Bestandtheil enthalten ist, so würde es überflüssig seyn, für andere elementare Stoffe, wie z. B. Schwefel, ähnliche Abkürzungen in Vorschlag zu bringen. Der weitern von Berzelius angenommenen Abkürzung, ein Salz oder überhaupt ein aus zwei binären Verbindungen bestehendes Gemisch, durch Nebeneinandersetzung der beiden Oxyde, wie Factoren, zu bezeichnen, kann ich, da sie geradezu der in der Algebra üblichen Bezeichnungsart widerspricht, nicht meinen Beyfall geben, obgleich ich in einigen Puncten dieser Abkürzung in meinem Lehrb. der Stöchiometrie selbst gefolgt bin. Dort that ich's, um in einer, im Grunde doch nur willkührlichen Bezeichnungsart der Autorität eines Mannes, wie Berzelius zu folgen, und um nicht durch Neuerungen in die, ohnehin durch mancherlei willkührliche Annahmen etwas verwirrte, Lehre von den chemischen Proportionen abermalige Verwirrungen zu bringen. Allein bei nochmaliger reifer Ueberlegung stehe ich denn doch nicht an, einem in allen Wissenschaften anerkannten Vorrechte der Mathematik, in Bezeichnung von Größenverhältnissen sich der von ihr angenommenen Methode zu bedienen, nachzukommen.

Ich glaube, daß man überhaupt als Grundsatz aufstellen könne, daß eine Wissenschaft, wenn sie zur Erläuterung gewisser Lehren eine andere als Hülfswissenschaft gebraucht, sich der Sprache und der Terminologie von dieser bedienen müsse, selbst wenn es bloß willkührliche Bezeichnungen betrifft.

Nun werden in der Mathematik die additiven Größen durch Nebeneinanderstellung mit dazwischen gesetztem Zeichen + aufgeführt. Die Darstellung der zusammengesetzten Körper durch chemische Zeichen ist aber in der That nichts anders als eine Addition der Verhältnißtheile; (Atome, die atomistische Ansicht setzt recht eigentlich eine Nebeneinanderlagerung der Atome voraus) es dürfen daher die Zeichen der Bestandtheile durchaus nicht in der Form von Producten, wie Berzelius theilweise thut, neben einander gereihet werden. Noch weniger passend ist es, die Anzahl der Verhältnißtheile durch kleine Ziffern, die wie

Digitized by Google

ein algebraischer Exponent oben rechts neben den Buchstaben gesetzt werden, zu bemerken. Diese Zahlen sind nichts anders als Coefficienten und müssen daher neben den Buchstaben ohne dazwischengestelltes Zeichen angebracht werden. Damit man aber bei sehr zusammengesetzten Körpern leicht übersehen könne, welche Elemente zusammen gehören, so schließe man die zu binären Verbindungen (§. 106) vereinigten Elemente in Klammern ein; eine als Coeficient außerhalb der Klammer gesetzte Ziffer zeigt dann an, wie viele Verhältnißtheile der binären Verbindung in dem zusammengesetzten Körper enthalten sind. Z. B. Berzelius bezeichnet den Kalialaun durch die Formel:

$$\ddot{K}\ \ddot{S}^2 + 2\ \ddot{Al}\ \ddot{S}^3 + 48\ Aq.$$

den schwefelwasserstoffsauren Kalk durch die Formel

$$\dot{Ca} + 2\ H^2\ S$$

Den algebraischen Formeln entsprechend, bezeichnen wir jenen durch die Formel:

$$(\ddot{K} + 2\ \ddot{S}) + 2\ (\ddot{Al} + 3\ \ddot{S}) + 48\ Aq.$$

diesen, mit Berücksichtigung der oben angedeuteten Bezeichnungsart der Wasserstoffverbindungen, durch die Formel:

$$\dot{Ca} + 2\ \underset{\cdot\cdot}{S}$$

Auser den oben angeführten Gründen, kann noch hinzugefügt werden, daß es ja bei der weitern Entwicklung der Stöchiometrie vielleicht noch dahin kommen könnte, daß man jene Formeln als wahre algebraische Formeln gebrauchen und damit rechnen lernte; so könnte man z. B. entdecken, daß unter den Verbindungen höherer Ordnungen die nach Potenzen fortschreitenden, in gewissen Beziehungen zu einander stehen. Sollten, wozu freilich jetzt keine Aussicht ist, irgend solche höhere Gesetze in der Stöchiometrie entdeckt werden, so müßte ja doch eine andere, dem mathematischen Sprachgebrauche angemessene Bezeichnungsart gewählt werden; es möchten daher wohl auch in dieser Hinsicht meine Vorschläge Berücksichtigung verdienen.

Ein Umstand ist übrigens noch zu berühren. Da nämlich zur Bezeichnung mehrerer elementarer Stoffe dem groß lateinischen Anfangsbuchstaben ein klein lateinischer hinzugefügt wird, so gewinnt dieß das Aussehen, als seyen darunter Producte zu verstehen. Allein hier möchte sich nicht leicht ein anderer Ausweg

Digitized by Google

treffen lassen; um indeß jede Zweideutigkeit zu vermeiden, darf bloß nochmals bemerkt werden, daß die klein lateinischen Buchstaben nichts für sich bezeichnen, sondern bloß Anhängsel der großen Buchstaben sind.

Nach diesen, in diesem §. angedeuteten Grundsätzen werde ich in der Folge die zusammengesetzten Körper bezeichnen.

§. 100.

Die oben §. 92, 96—99 angeführten Gesetze sind reine Erfahrungsgesetze, und es ist bis jetzt noch kein Fall vorgekommen, der diesen Gesetzen widersprochen hätte. Jedesmal wird dieselbe Verhältnißzahl für denselben Körper gefunden, aus welchem Gemisch desselben sie auch abgeleitet wird, so fern nur Verbindungen höherer Ordnungen von denen der ersten unterschieden werden. Für zwei Classen von zusammengesetzten Körpern, für die Säuren und Alkalien, läßt sich die Nothwendigkeit dieses Gesetzes unmittelbar erweisen (s. Neutralitätsgesetz).

Dieses allgemeine Gesetz, welches bei allen Gemischen der zweiten Art statt findet, führte Dalton zur Aufstellung seiner atomistischen Hypothese. (Dessen neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft; übers. von Fr. Wolff. Berlin 1812. 1813.) Es ist nämlich ganz offenbar, daß wenn sich zwei Substanzen mit einander in einem bestimmten Verhältnisse verbinden, dieses Verhältniß auch in den kleinsten uns denkbaren Theilchen statt finden müsse. Nennt man nun diese kleinsten Theilchen nach §. 11. Atome, so kann man mit Dalton sagen: 1 Atom von A verbindet sich mit 1 At. von B, und in den Verbindungen höherer Ordnungen 1 At. von A mit 2, 3 u. s. w. Atomen von B zu zusammengesetzten Atomen. Ferner: setzt man das Gewicht eines Atoms irgend eines Körpers = 1, so werden die Verhältnißzahlen der übrigen Körper die relativen Gewichte (§. 98.) ihrer Atome ausdrücken; endlich werden die relativen Gewichte der Atome zusammengesetzter Körper (Gemische) gleich seyn der Summe der relativen Gewichte der Atome, woraus sie zusammengesetzt sind. Hiernach ist chemische Verbindung nichts

Digitized by Google

anderes, als eine Nebeneinanderlagerung verschiedenartiger Atome zu zusammengesetzten Atomen, und der Unterschied zwischen Gemisch (§. 55.) und Gemeng (§. 45.) liegt also bloß darin, daß in jenem die Atome, in diesem größere Massen der Körper neben einander gelagert sind.

Mit Beziehung auf das, was oben (§. 11.) über Atomistik im Allgemeinen gesagt worden, ist hier noch die Bemerkung anzureihen, daß gerade bei der Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen die atomistische Ansicht am schwierigsten zu vermeiden ist, wenn man auch nicht läugnen kann, daß in den Ausdrücken, einfache, zusammengesetzte Atome, etwas widersprechendes liegt, und bei Bestimmung, ob in einem zusammengesetzten Atom 1 At. mit 1 At. oder mit 2 At. u. dgl. verbunden ist, in den meisten Fällen der Willkühr freier Spielraum gelassen ist. Vermeidet man aber auch ganz den Ausdruck Atom und spricht bloß von Verbindungsverhältnissen und Verbindungen der ersten, zweiten, dritten ꝛc. Ordnung, so stößt man auch auf dieselbe Schwierigkeit. Man mag daher die Sache wenden wie man will, es läuft doch bloß alles auf eine Verschiedenheit im Ausdrucke, keineswegs in der Sache selbst, hinaus.

In Beziehung auf das Geschichtliche dieser Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen, von Richter zuerst Stöchiometrie genannt, verweise ich auf mein Lehrb. der Stöchiometrie. Erlangen 1819. 1ster Abschn. Historisch-kritische Darstellung der Stöchiometrie, §. 1 bis §. 59. Neuere Schriften über diesen Gegenstand: Berzelius's Versuch über die Theorie der chem. Proport. u. üb. die chem. Wirkungen der Elektricität ꝛc. Nach den schwedischen und französischen Originalausgaben bearb. von Blöde. Dresden 1820. Wucherer's Leitfaden für die Stöch. Carlsruhe 1820. Von Grotthuß Verbindungsverhältniß- oder chem. Aequivalenten-Tafeln ꝛc. Nürnberg 1821.

§. 101.

Es ist übrigens klar, daß die Körper gemäß ihren Verhältnißzahlen sich bloß zu Gemischen der zweiten Art vereinigen können; denn da bei den Gemischen der ersten Art nach §. 89. unendlich viele Mischungsverhältnisse statt

finden, so kann nicht mehr von bestimmten die Rede seyn. Merkwürdig ist es aber, daß wenn flüssige Gemische der ersten Art krystallisiren (§. 43.), häufig Verbindungen nach Verhältnissen gemäß den Verhältnißzahlen ihrer Bestandtheile sich bilden.

§. 102.

Wenn einem Gemisch der zweiten Art aus BC ein Körper A, welcher dem B näher verwandt ist, in dem Verhältnisse dargeboten wird, in welchem er sich mit B verbindet, so muß BC vollständig zerlegt werden, sofern die Verwandtschaft zwischen B und C vollkommen überwunden werden kann. Die Erfahrung lehrt auch, daß wirklich solche vollständige Zerlegungen statt finden.

Hieraus ergiebt sich von selbst, daß wenn A nicht in der zur Zerlegung erforderlichen Menge angewandt wird, B zwischen C und A sich nach Verhältnissen theilen werde, welche den Verhältnißzahlen dieser Körper entsprechen.

§. 103.

Anders verhält sich's bei Gemischen der ersten Art. Diejenigen Stoffe, welche einander gar nicht sättigen können, (§. 89.) müssen nothwendig in jedem Verhältniß Verwandtschaft gegen einander äussern, da sie sich in jedem Verhältnisse mit einander mischen können; kommt daher zu einem solchen Gemische der ersten Art BC ein dritter Stoff A, der mit B ebenfalls nur ein Gemisch der ersten Art darstellen kann, so wird sich B zwischen C und A theilen nach Verhältniß der Massen von C und A, und es ist leicht einzusehen, daß B nur dann vollständig von C geschieden werden könne, wenn die Masse des A im Verhältnisse zu der von C sehr groß (eigentlich unendlich groß) ist. Für diejenigen Stoffe, bei welchen ein Sättigungspunct eintritt, gilt dasselbe, nur daß über den Sättigungspunct hinaus keine Mischung mehr statt finden kann.

Digitized by Google

Scheidung des silberhaltigen Kupfers durch Blei im sogenannten Saiger-Proceß. Scheidung des Glaubersalzes aus seiner Auflösung im Wasser durch Alkohol u. s. w.

§. 104.

Aber auch selbst dann erfolgt die Zerlegung eines Gemisches der ersten Art BC nicht vollständig, oder doch nur in seltenen Fällen, wenn ein Stoff A mit B ein Gemisch der zweiten Art eingehen kann, ja es geschieht sogar manchmal, daß sich, wenn die Masse von C viel beträgt, A mit B, ungeachtet einer großen Verwandtschaft, nicht mischt.

Goldhaltiges Silber, in welchem das Gold mehr als den vierten Theil des Ganzen beträgt, wird von der Salpetersäure, welche mit dem Silber ein Gemisch der zweiten Art eingeht, nicht zerlegt.

Goldhaltiges Silber läßt sich nicht von allem Golde befreien durch Schmelzen mit Schwefel.

Häufig geschieht es, wenn ein Gemisch der ersten Art durch Wärme zerlegt wird, daß das Gemisch aus A und B in zwei Gemische der ersten Art, aus viel A und wenig B und viel B und wenig A zerfällt. Dieß ist der Fall bei vielen Metallgemischen, deren Bestandtheile ungleiche Schmelzbarkeit oder Flüchtigkeit besitzen.

§. 105.

Man ersieht also, daß die Zerlegung von Gemischen der zweiten Art von der Menge des Scheidungsmittels oder der Bestandtheile des Gemisches gar nicht abhängig ist, während bei den Gemischen der ersten Art die Menge des Scheidungsmittels und besonders der, in dem Gemisch enthaltenen Bestandtheile einen bedeutenden Einfluß auf den Erfolg der Zerlegung hat.

Berthollet, welcher die chemische Verwandtschaft als eine, von den Gesetzen der allgemeinen Gravitation abhängige Kraft darzustellen suchte, hat besonders auf den Einfluß der Gewichtsmengen

Digitized by Google

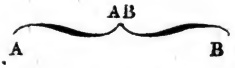
der Körper, in denen sie auf einander wirken, aufmerksam gemacht, und darauf eine eigene Theorie der chemischen Verwandtschaft gegründet. Die Größe jeder Verwandtschaftsäusserung drückte er aus durch das Product der Verwandtschaft in die Gewichtsmenge, und nannte dieses Product die chemische Masse. In den vorigen §§. ist dargethan worden, daß allerdings bei den Gemischen der ersten Art die Menge der auf einander wirkenden Stoffe in Anschlag komme; ob nun aber die Verwandtschaftsäusserung gerade im Verhältnisse der chemischen Masse erfolge, darüber läßt sich nicht entscheiden. Bertholet konnte selbst die bestimmten Mischungsverhältnisse, welche bei den Gemischen der zweiten Art statt finden, aus der Wirkung seiner chemischen Masse nicht erklären; daher hat er auch, um sein System der Erfahrung anzupassen, noch andere Kräfte bei den Verwandtschaftsäusserungen als wirkend annehmen müssen, welche die Wirkung der chemischen Masse modificiren und unveränderliche Mischungsverhältnisse veranlassen. Da wir auf dem empirischen Standpuncte die Sache nehmen, wie sie uns scheint, die Wirkung der chemischen Masse bei Gemischen der zweiten Art sich aber direct nicht darthun läßt, so möchte es bei weitem angemessener seyn, diesen Einfluß bei diesen Gemischen ganz abzuläugnen, als wie einen solchen Einfluß anzunehmen, ihn aber wieder durch andere Kräfte aufzuheben. Vergl. meine Stöchiometrie. S. 45—64. Berzelius in Schw. J. XI. 419 u. fg. Davy, ebend. 423 u. fg. oder in dess. Elem. I. 97 u. fg. Bertholet's Versuche, welche auch bei den Gemischen der zweiten Art die Wirkung der chemischen Masse darthun sollen, sind nicht entscheidend. Vergl. Davy u. a. O. 429 u. fg.

§. 106.

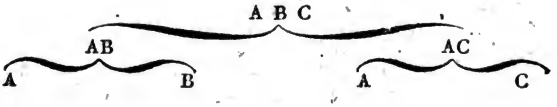
Alle Gemische der zweiten Art in der unorganischen Natur sind bloß zweifache (binäre), so groß auch immer die Zahl der einfachen Stoffe seyn mag, welche in dem Gemische enthalten sind.

Bezeichnet man durch A, B, C, D, E . . . . chemische Elemente, so stellen die folgenden Schema's die allgemeinen Formen für alle solche Gemische der unorganischen Natur dar.

Digitized by Google



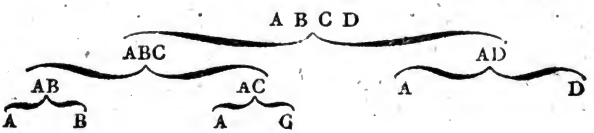
Oxyde, binäre Wasserstoff-, Kohlenstoff-, Stickstoff-, Schwefel-, Phosphor-, Selen-, Chlorin-, Jodin- u. s. w. Verbindungen.



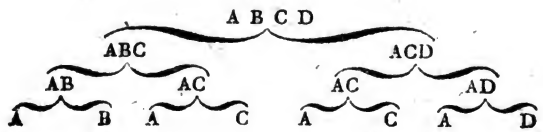
und

Hydrate, Salze, Doppelsäuren u. s. w.

oder eigentlich

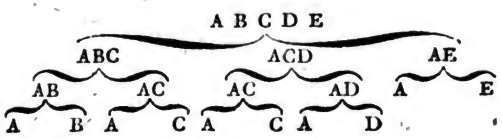


Salze mit Krystallwasser.



Doppelsalze.

Digitized by Google



Doppelsalze mit Krystallwasser.

Doppelsalze aus einer Wasserstoffsäure, Ammoniak und einer Sauerstoffbase, oder aus einer Sauerstoffsäure, einer Sauerstoffbase und Ammoniak, mit Krystallwasser und AE fehlend, ohne Krystallwasser.

Ueberhaupt kann man alle mehrfach zusammengesetzte Gemische unter den allgemeinen Formen

oder

darstellen, wo aber immer mehrere dieser Buchstaben dieselben chemischen Elemente bedeuten. Von dieser letztern Zusammensetzung sind namentlich alle Mineralien, welche Gemische der zweiten Art sind.

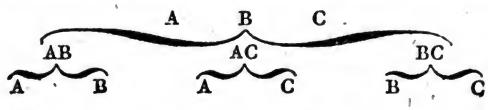
§. 107.

Alle Gemische der organischen Natur, welche die näheren Bestandtheile der Pflanzen- und Thierkörper ausmachen, bestehen aus drei oder vier Elementen. Man kann aber, we-

Digitized by Google

nigstens für die meisten vegetabilischen Substanzen, die Möglichkeit darthun, daß auch sie aus den binären Verbindungen der Elemente bestehen.

Die allgemeine Form für alle, bloß aus drei (Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff) Elementen bestehenden organischen Substanzen, ist:



Vergl. unten die Chemie der organischen Substanzen.

§. 108.

Die Gemische der ersten Art sind stets nach der Anzahl ihrer Bestandtheile zwei- drei- vier- u. s. w. fache, und bei ihnen findet die Unterscheidung zwischen näheren und entfernteren Bestandtheilen (§. 57.) gar nicht statt.

Die meisten Gemische brennbarer Körper, besonders Metallgemische.

§. 109.

Es können aber auch mehrere Gemische der zweiten Art zu einem Gemisch der ersten Art vereinigt, oder in einem gemeinschaftlichen Lösungsmittel (§. 65.) gelöset, oder ein Gemisch der zweiten Art in einem Bestandtheil desselben gelöset seyn.

Glasflüsse; Gemische verschiedener liquider Körper, als Säuren und Säuren, Wasser und Alkohol ꝛc.

Lösung mehrerer Salze; Mineralwasser, wo theils das Wasser, theils freie Kohlensäure das Lösungsmittel für Salze und Metalloxyde ist. Mehrere Schwefelmetalle im Schwefel gelöset.

Kaltbrüchiges Eisen, wo Phosphoreisen im Eisen, rothbrüchiges, wo Schwefeleisen im Eisen gelöset ist.

Digitized by Google

B.

Von den Grössenverhältnissen der Voluminum der sich mischenden Körper.

§. 110.

Bis jetzt sind wir bloß mit den Gesetzen der Raumverhältnisse vertraut geworden, welche die gasförmigen Körper bei ihren Verbindungen beobachten. Gay—Lussac, dem wir die Entdeckung dieser Gesetze verdanken, fand nämlich, daß die Gasarten dem Volumen nach sich immer in den Verhältnissen 1 : 1 oder 1 : 2 oder 1 : 3 verbinden, und daß das Volumen, welches sie nach der Mischung einnehmen, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ oder $\frac{2}{3}$ von der Summe der Räume beider Gasarten beträgt.

Die Vergleichung der Raumverhältnisse geschieht nach Maaßtheilen.

Es ist wohl zu erwarten, daß auch die Verbindungen der festen und tropfbaren Körper nach ähnlichen Raumverhältnissen erfolgen. Es können aber stets nur Körper von gleichen Cohäsionsformen, höchstens noch feste mit liquiden, keineswegs aber feste oder liquide als solche, mit gasförmigen verglichen werden.

§. 111.

Da die Dichtigkeit (§. 33.) das Verhältniß des absoluten Gewichts eines Körpers zu seinem Volumen ausdrückt: so kann man aus den Gewichts- und Maaßverhältnissen eines Gemisches die Dichtigkeit desselben ableiten, und umgekehrt aus den Gewichtsverhältnissen und Dichtigkeiten die Maaßverhältnisse u. s. w. (Vergl. meine Stöchiometrie S. 225—230). Wären wir mit der Dichtigkeit oder dem spec. Gewichte aller Gemische vertraut, so würde sich vielleicht eine bestimmte Beziehung ergeben, worin im Allgemeinen die stöchiometrischen Verhältnißzahlen der Körper mit ihren spec. Gewichten stehen.

Digitized by Google

So weit bisher die Dichtigkeit eines Gemisches mit der seiner beiden Bestandtheile verglichen worden, hat man gefunden, daß nur in sehr wenigen Fällen die Dichtigkeit von jenem genau das arithmetische Mittel der Dichtigkeiten von diesen, dagegen bei weitem in den meisten Fällen die Mischung mit einer Verdichtung der Bestandtheile, folglich mit einer Raumverminderung begleitet sey; endlich daß nur selten gar eine Verminderung der Dichtigkeit, folglich Raumvermehrung eintrete.

§. 112.

Da aber nach §. 110. bloß von den gasförmigen Körpern die Maaßverhältnisse bekannt sind, so läßt sich nur bei diesen eine solche Vergleichung anstellen, wo sich denn auch als eine Folge der oben §. 92 und §. 96. entwickelten Gesetze ergiebt, daß die Verhältnißzahlen der Körper, welche im gasförmigen Zustande existiren können, entweder 1) ihren specifischen Gewichten gleich sind, oder 2) doppelt, oder 3) viermal so viel betragen.

Zur ersten Classe gehören: Sauerstoffgas, Oelerzeugendes Gas.

Zur zweiten: Wasserstoff- Kohlenoxyd- kohlensaures, Kohlenwasserstoff- Stick- Oxydirtes Stick- schwefeligsaures, Schwefelwasserstoff- Chlor- Phosgen- und Cyanogengas; desgleichen Wasser, Kohlenstoff, Schwefel und Jodin, wenn man sich dieselben im gasförmigen Zustande denkt.

Zur dritten gehören: Salpeter- Ammoniak- salzsaures- hydriodinsaures- und hydrocyansaures Gas.

Es ist hier die Verhältnißzahl und das spec. Gewicht des Sauerstoffs als Einheit gesetzt.

C.

Von den bestimmten Gestalten der festen Körper überhaupt.

§. 113.

Die Kenntniß der regelmäßigen äussern Gestalt der Krystalle (§. 43.) und deren regelmäßigen inneren Ge-

Digitized by Google

füges oder Baues (§. 5.) ist der Gegenstand der Krystallologie. Diese zerfällt in die Krystallographie, Krystallometrie, Krystallotomie und Krystallogenie. Die Krystallographie beschreibt die Formen der Krystalle, die Krystallometrie mißt diese Formen aus, die Krystallotomie untersucht die Structur der Krystalle durch mechanische Zerlegung derselben. Die Krystallogenie endlich erforscht die allmählige Ausbildung der Krystalle und der dabei wirkenden Kräfte, und theilt sich mithin in die chemische und mechanische Krystallogenie.

§. 114.

Alle Krystalle sind durch eine größere oder geringere Zahl von ebenen Flächen begrenzt: diese sind entweder Hauptflächen oder Nebenflächen; jene bestimmen eigentlich die Gestalt des Krystalls, diese modificiren bloß dieselbe. Durch Abstraction der Nebenflächen ergiebt sich die Hauptgestalt eines Krystalls, worunter man den einfachen, stereometrischen Körper versteht, auf den derselbe zurückgeführt werden kann.

Es giebt jedoch Krystalle, welche bloß Nebenflächen enthalten.

§. 115.

Sowohl die Gestalt der Flächen als ihre Lage gegen einander bestimmt sich durch Winkel; jene durch ebene Winkel, diese durch Neigungswinkel. Alle Winkel sind stets vorspringende, niemals einwärtsgehende.

Es können jedoch mehrere Krystalle auf eine gesetzmäßige Art verbunden seyn (Zwillings- Drillings- u. s. w. Krystalle), wodurch allerdings einwärtsgehende Winkel entstehen können.

§. 116.

In jedem Krystall kann man sich eine Linie denken, um welche seine Grenzflächen entweder alle zusammen oder theilweise, symmetrisch gelagert sind: diese Linie heißt seine Axe.

Digitized by Google

§. 117.

Die Krystalle lassen sich meistens in gewissen Richtungen leichter spalten als in andern, und zwar so, daß ebene Durchgangsflächen zum Vorschein kommen.

Diese leichtere Trennbarkeit einer krystallinischen Masse nach gewissen Richtungen zeigt sich nicht nur bei mechanischer, sondern auch bei chemischer Einwirkung. S. Daniell über einige Erscheinungen, die den Auflösungsproceß begleiten in Schw. J. XIX. 38 fg. Stücke auflöslicher Salze in die gehörige Menge Wassers gehangen, zeigen auf ihrer Oberfläche krystallinische Figuren, wie eingegraben oder gedruckt auf die Oberfläche. Diese regelmäßige Structur zeigt sich sowohl, wenn wir eine derbe Masse als wenn wir einen regelmäßigen Krystall anwenden, woraus sich folgern läßt, daß die letzten Anordnungen der Theile in beiden dieselben sind. Aehnlich verhalten sich Krystalle kohlensaurer Erden und verschiedene Metalle, wenn sie der Einwirkung schwacher Säuren ausgesetzt werden. Die geometrischen Figuren, welche auf diesem Wege hervorgebracht werden, sollen nach Daniell nicht minder bestimmt seyn als diejenigen, welche bei der gemeinen Art der Krystallisation entstehen, und um so instructiver, je mehr sich uns in einer Gruppe ausgedehnte Reihen von Modificationen und von Decrescenzen der Kerngestalt (§. 124), welche durch ihre relative Lage und gegenseitige Verbindung die einzelnen Stufen zeigen, durch welche eine Form in die andere übergeht, darstellen. Vergl. hiermit Daniell eb. 194 und die frühern Versuche Widmannstädten's eb. VII. 113.

§. 118.

Die Durchgangsflächen sind immer parallel einigen äussern Flächen, entweder am Krystalle selbst oder an andern Krystallen desselben Körpers.

§. 119.

Die Zahl der mehr oder weniger deutlichen Durchgangsflächen ist sehr verschieden: gewöhnlich beträgt sie 3, 4, 5 bis 6, zuweilen auch noch mehr. Einige Krystalle zeigen nur eine oder zwei, und manche gar keine in die Augen fallende Durchgangsfläche.

Digitized by Google

§. 120.

In jeder Gestalt eines Körpers sind die Krystallwinkel (§. 115.) constant; desgleichen sind die Durchgangsflächen stets ähnlich gelagert, und bilden sowohl unter sich als mit den äußeren Flächen des Krystalls immer gleiche Winkel.

§. 121.

Alle symmetrische Gesetze, denen sowohl die Krystallgestalten als die Durchgangsflächen eines Krystalls unterworfen sind, nennt man dessen Krystallsystem.

§. 122.

Die Hauptgestalten (§. 111) der Krystalle lassen sich im Allgemeinen auf neun stereometrische Haupt-Polyeder zurückführen, als: das Tetraeder, Parallelepipedum, Oktaeder, sechsseitiges Prisma, Rhombendodekaeder, Pentagonaldodekaeder, Triangulärdodekaeder, Triangulärikosaeder und Trapezoeder.

§. 123.

Die Nebenflächen der Krystalle (§. 114), welche die Hauptgestalten modificiren, bilden sich durch Abstumpfung, Zuschärfung und Zuspitzung. Wenn nämlich eine Nebenfläche den Ort einer Kante oder Ecke einer Hauptgestalt einnimmt, so nennt man die Kante oder Ecke abgestumpft; wenn zwei Nebenflächen an deren Stelle getreten sind, so sagt man, daß eine Kante oder Ecke durch eine Zuschärfung ersetzt sey; wenn endlich 3 oder mehrere Nebenflächen eine Ecke über einer Ecke oder über einer Fläche der Hauptgestalt bilden, so sagt man, daß diese Ecke oder Fläche durch eine Zuspitzung ersetzt sey.

§. 124.

Von der Hauptgestalt eines Krystalls (§. 111) ist zu unterscheiden dessen Kerngestalt oder Grundgestalt

Digitized by Google

(Grundform, primitive Gestalt). Wenn man nämlich einen Krystall nach seinen deutlichsten oder nach seinen sämmtlichen Durchgangsflächen so lange spaltet, bis ein Körper entsteht, welcher fernerhin nur parallel mit seinen Flächen sich spalten läßt, so kommt man auf seine Kerngestalt.

Nicht alle Krystalle lassen sich indeß auf die oben angegebene Weise spalten; nichts desto weniger wird bei denselben nach der Analogie eine bestimmte Kerngestalt angenommen.

§. 125.

Wenn man mit Hauy die Durchgangsflächen eines Krystalls als den Flächen der kleinsten Theile (§. 11) (molecules integrantes, ergänzende Massentheilchen) parallele Ebenen betrachtet, so muß nothwendig die Gestalt der kleinsten Theile auch die der Kerngestalt seyn.

Das Tetraeder, den Würfel und das Oktaeder nennt Hauy regelmäßige Körper (formes limites), weil deren Bau mit dem der gleichnamigen stereometrischen Körper vollkommen übereinstimmt.

Es läßt sich zeigen, daß das Oktaeder, Tetraeder und gleichschenklige Triangulärdodekaeder in Parallelepipeda umgewandelt, ferner daß das reguläre Rhombendodekaeder in Rhomboeder getheilt; endlich daß das sechsseitige Prisma als aus drei rhombischen Prismen zusammengesetzt betrachtet werden könne; man kann daher annehmen, daß alle Kerngestalten aus Parallelepipeden zusammengesetzt seyen. Hauy nennt diese Parallelepipeden subtraktive Massentheilchen (molecules soustractives.)

§. 126.

Hauy hat sechs verschiedene Formen von Kerngestalten (§. 124) gefunden: das Tetraeder, das Parallelepipedum, das Oktaeder, das sechsseitige Prisma, das Rhombendodekaeder, und das Triangulärdodekaeder. Die vier letzteren dieser Kerngestalten lassen sich aber sämmtlich als aus Tetraedern zusammengesetzt betrachten; so

Digitized by Google

daß demnach die Gestalten aller ergänzender Massentheile entweder Tetraeder (reguläre oder irreguläre) oder dreiseitige Prismen (reguläre oder irreguläre) oder Parallelepipeden sind.

§. 127.

Unter secundärer Gestalt versteht man die Gestalt eines ganzen Krystalls, welche sich also stets auf eine der Hauptgestalten (§. 122.) bezieht. Wenn die Gestalt eines Krystalls zugleich die seiner Kerngestalt (§. 124.) ist, so unterscheidet man ihn von den andern Krystallen desselben Körpers durch den Beinamen Kernform.

Schon die Vergleichung der Kerngestalten (§. 126.) mit den Hauptgestalten (§. 122.) zeigt, daß derselbe stereometrische Körper Kerngestalt eines krystallisirten Körpers und sekundäre Gestalt eines andern seyn könne.

D.

Von der Bildung der Krystalle (Krystallogenie) und von dem Verhältnisse der Krystallformen zu andern Eigenschaften der Krystalle und insbesondere zu ihren Mischungsverhältnissen.

§. 128.

Es kann hier nur von der künstlichen Krystallbildung gehandelt werden, da die Entstehung der meisten natürlichen Krystalle für uns ein Geheimniß ist.

§. 129.

Nach §. 43. setzt die künstliche Krystallbildung stets voraus, daß der krystallisationsfähige Körper vorher in den tropfbar- oder gasförmigflüssigen Zustand versetzt worden sey. Dieß kann entweder durch erhöhte Temperatur (§. 196.) oder durch Auflösung in einem flüssigen Körper (§. 65.) bewirkt werden.

Digitized by Google

So wie demnach entweder Erkältung oder Entziehung des Auflösungsmittels (§. 65.) statt hat, wird der im flüssigen Zustand versetzte Körper seine ihm eigenthümliche Krystallgestalt annehmen. *)

Die meisten Stoffe sind bei Erfüllung dieser Bedingungen fähig zu krystallisiren, und diese Krystallisation läßt sich wiederholen, so oft man will. Es gibt aber auch unkrystallisirbare Stoffe, corpora amorpha (Gummi, Harze).

Wenn der flüssige Zustand durch erhöhte Temperatur herbeigeführt worden, so ist gewöhnlich eine sehr langsame Abkühlung erforderlich, damit Krystallisation (wenigstens auf eine wahrnehmbare Weise) eintrete. Ueberhaupt, je langsamer der den flüssigen Zustand bewirkende Körper entfernt wird, und je ruhiger der Krystallisationsact vor sich gehen kann, desto größer, deutlicher und regelmäßiger werden die Krystalle. Leblanc's Verfahren, große und regelmäßige Krystalle zu erhalten. Journ. de phys. LV. 300. —

Aus einigen Erscheinungen zu schließen, scheint das Licht (s. Kries in Schw. J. XI. 32) und auch der magnetische Wirkungskreis (s. Lüdicke in Gilb. nn. A VIII. 76) Einfluß auf Krystallisation zu haben. — Maschmann und Hansteen üb. die Einwirkung des Erdmagnetismus auf die Ausscheidung des Silbers in Gilb. nn. A. X. 234 und 239. Diese Versuche habe ich wiederholt mit

*) Da sehr viele feste Körper von einem Auflösungsmittel um so weniger erfordern, je höher die Temperatur desselben ist, so erfolgt in vielen Fällen Krystallisation auch dann, wenn eine in der Siedhitze des Auflösungsmittels gesättigte Auflösung nach und nach erkaltet. Hier verdient eine von Mitscherlich gemachte Erfahrung einer Erwähnung (s. a. u. a. O. P. 373). Er bemerkte nämlich, daß wenn in diesem Falle, wie gewöhnlich, die Krystalle auf dem Boden des Gefäßes sich bilden, das Wasser von diesen Krystallen aus auf die Oberfläche der Auflösung steige. Indem nämlich ein Theilchen der gesättigten Lauge den gebildeten Krystall berührt, und ihm einen Theil seines Salzes überläßt, so erhebt es sich, weil es dadurch spec. leichter geworden, in der Auflösung, deren mit mehr Salz vereinigte Theilchen spec. schwerer sind.

Digitized by Google

einer Bleizucker-Lösung, in zwei gläsernen Gefäßen vertheilt, in welche Zinkstangen horizontal gelegt wurden, und zwar die eine in der Richtung des magnetischen Meridians, die andere senkrecht auf demselben; ich konnte aber keine Verschiedenheit in dem, in beiden Gefäßen sich bildenden Bleibaum wahrnehmen.

Erfolgt die Krystallisation sehr rasch, so ist sie häufig mit einer beträchtlichen Wärmeentbindung begleitet. S. unten §. 196. Krystallisirt ein Körper aus Wasser, so nimmt er häufig mehr oder weniger von demselben, welches man Krystallisationswasser nennt, auf. S. unten von den Salzen.

Besondere Anomalien bei der Krystallisation. Vergl. Lowitz in Crell's chem. Ann. 1790. I. 209. Gay — Lussac und Schweigger in Schw. J. IX. 70. u. 79.; Thenard ebend. XV. 157; Zitz eb. 160; Geiger eb. 231; Coxe in Thoms. ann. of phil. I. 380; Gay — Lussac in Ann. de chim. et phys. XI. 301.; Green (zu Princetown in Nordamerika) in Gilb. nn. A. X. 320.

§. 130.

In gleicher Materie bringen nach Beudant *) Temperatur, elektrischer Zustand, Concentration oder Umfang der Flüssigkeit, Gestalt und Materie der Apparate, Barometer- und Hygrometerstand durchaus keine Verschiedenheit der Krystallformen (§. 122.) hervor, obgleich manche dieser Umstände auf Größe, Regelmäßigkeit und Festigkeit der Krystalle Einfluß haben.

*) Ann. de chim. et phys. VIII. 5.

§. 131.

Die Untersuchung der Krystallformen einfacher Körper kann sich nur auf solche beziehen, welche in der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre im festen Zustande erscheinen. Die Natur liefert bei weitem die kleinere Anzahl von diesen im reinen und krystallinischen Zustande. Durch Hülfe der chemischen Kunst lassen sie sich zwar abgesondert von den

Digitized by Google

Beimischungen, mit welchen sie in der Natur vorkommen, darstellen; allein von wenigen gelingt es, sie im krystallinischen Zustande zu erhalten, oder es sind uns wenigstens zur Zeit die Mittel noch nicht bekannt, sie zur Annahme einer Krystallform zu veranlassen.

Mit Beziehung auf die Anm. zu §. 117. ist hier jedoch zu bemerken, daß Krystallisation häufig zum Vorschein kommt, wenn ein krystallisirter Körper, dessen Oberfläche unförmlich und ohne krystallinisches Aussehen ist, langsam aufgelöst wird. Auf welche Weise übrigens hier das Auflösungsmittel wirke, darüber sind die Meinungen noch getheilt: so viel ist indeß ausgemacht, daß sich nicht alle Theile eines Krystalls gleich schnell auflösen, sondern derselbe an manchen Stellen dem Auflösungsmittel mehr als an andern widersteht, wodurch nach Daniell (a. o. a. O.) stets die Kerngestalten sichtbar werden sollen. Moirirtes Metall oder das Moiré métallique. Vergl. Gilb. nn. A. IV. 250 u. 301. Nach Faraday lassen sich die in einander verwachsenen Krystalle eines Spießglanzerzes dadurch entblößen, daß man dasselbe in geschmolzenes Schwefelantimon wirft, worin es zwar zu schmelzen anfängt, doch nicht gleichförmig, so daß es sich in regelmäßige Krystalle zertheilt. Schw. u. Mein. nn. J. II. 480.

§. 132.

Aus dem vorigen §. ergiebt sich, daß die Untersuchung der Krystallformen nicht von den einfachen Stoffen ausgehen könne. So wie aber die Betrachtung der Krystallformen mit den zusammengesetzten Körpern beginnt, so bietet sich von selbst eine Vergleichung dieser Formen mit den Bestandtheilen solcher Zusammensetzungen, je nach ihrer Aehnlichkeit oder Verschiedenheit, dar.

Von dem verschiedenen Verhalten der Krystalle zum Licht wird in dem nächsten Kapitel die Rede seyn.

§. 133.

Da indeß dieselben Stoffe Gemische verschiedener Art und Gestalt, je nach dem verschiedenen Verhältnisse, in welchem

Digitized by Google

sie gemischt sind, darstellen können, so läßt sich schon im Voraus erwarten, daß eine solche Vergleichung der Krystallformen auf die Mischungsverhältnisse Rücksicht zu nehmen habe. Die Mischungsverhältnisse lassen sich allgemeinen Gesetzen unterordnen, wie oben (§. 92. fg.) erwiesen worden ist. Diese Gesetze werden daher bei Vergleichung der Krystallformen zum Leitstern dienen.

§. 134.

Die Erfahrung lehrt, daß Krystalle von qualitativ und quantitativ gleicher chemischer Mischung einerlei Kerngestalt (§. 120.) und gleichgeformte Massentheilchen (§. 121.) haben; die secundäre Gestalt (§. 123.) hingegen kann sich sehr verschieden zeigen.

§. 135.

Hauy glaubte aber diesen Satz umkehren, nämlich annehmen zu können, daß gleiche Kerngestalten gleiche chemische und stöchiometrische Zusammensetzung voraussetzen, wovon jedoch diejenigen Krystalle auszunehmen sind, deren Kerngestalt einem der drei sogenannten regelmäßigen Körper (§. 125. Anm.) entspricht, da die Kerngestalt einer von diesen, verschiedenartigen Verbindungen gemeinschaftlich zukommen kann.

Die Fälle, wo dieser Satz durch die Chemie bestätigt wurde, sind an Zahl so sehr denen überlegen, wo er sich nicht bestätigte, daß Hauy letztere der Unvollkommenheit der chemischen Analyse zuschreiben zu können glaubte. Hauy hat daher bei den Mineralien die Krystallgestalt als den wesentlichsten Charakter betrachtet. Die Einwendungen, welche man indeß von chemischer Seite dagegen vorgebracht hat, gehören nicht hieher.

§. 136.

Mitscherlich fand indeß, daß sich jener Satz (§. 134.) nicht umkehren lasse, indem nämlich Körper von verschiedener

Digitized by Google

chemischer Mischung, sofern nur gleiche stöchiometrische Verhältnisse (§. 95, b.) statt finden, eine gleiche Krystallgestalt annehmen können.

Es wird unten bei Betrachtung der Salze erwiesen werden, daß in allen Salzen derselben Säure und von gleicher Sättigungsstufe ein unveränderliches stöchiometrisches Verhältniß zwischen der Säure und dem Sauerstoff jeder Basis statt findet. Wenn nun mehrere Basen als Verbindungen gleicher Ordnungen (§. 92.) betrachtet werden können, so werden die Salze, welche diese Basen mit der nämlichen Säure darstellen, nach ganz gleichen stöchiometrischen Verhältnissen (§. 95, b.) zusammengesetzt seyn.

Wenn ferner in den Salzen, welche zwei verschiedene Säuren bilden, das Verhältniß zwischen denselben und dem Sauerstoff jeder Basis, bei gleicher Sättigungsstufe, dasselbe ist, und die Säuren für Verbindungen gleicher Ordnungen gehalten werden können, so werden auch die Salze, welche diese Säuren mit derselben Basis darstellen, nach ganz gleichen stöchiometrischen Verhältnissen zusammengesetzt seyn. Mitscherlich (Ueber die Krystallisation der Salze, in denen das Metall der Basis mit zwei Proportionen Sauerstoff verbunden ist, in den Abhandl. der physik. Klasse der Berliner Akad. d. W. aus den Jahren 1818—1819. S. 427 u. fg. Vergl. hiemit: Sur la Relation qui existe entre la forme cristalline et les proportions chimiques in den Annal. de Chim. et de Phys. T. XIV. P. 172. IIme Mémoire sur les Arséniates et les Phosphat. ebend. T. XIX. P. 350 ff.) hat nun durch eine nicht geringe Anzahl von Untersuchungen zu beweisen gesucht, daß zwei Salze von solchem gleichen stöchiometrischen Verhältnisse (wo also entweder die Säure dieselbe und die Basen verschieden, oder umgekehrt die Basis dieselbe ist und die Säuren verschieden sind) ganz gleiche Krystallgestalten haben, welche so übereinstimmend an Werth und Anzahl der Flächen und Winkel (§. 114. u. 115.) sind, daß es nicht möglich ist, irgend eine Verschiedenheit aufzufinden, selbst nicht in den Characteren, welche ganz zufällig scheinen.

So fand er, daß die Salze, welche die Kalkerde, Magnesia, das Kupferoxyd, Manganoxydul, Eisenoxydul, Kobaltoxyd, Zinkoxyd und Nickeloxyd mit der Schwefelsäure eingehen, ganz gleiche Kry-

Digitized by Google

stallgestalten haben; denn da diese Basen Verbindungen gleicher Ordnungen sind (?), so muß, gleiche Sättigungsstufe vorausgesetzt, bei den Salzen, welche diese Basen mit einer Säure (Schwefelsäure) bilden, dasselbe stöchiometrische Verhältniß (§. 95, b.) statt finden. Eben so fand er, daß die Salze der Phosphorsäure und Arsenikſäure, mit gleicher Basis verbunden, durchaus dieselben Krystallgestalten haben; denn da diese beiden Säuren Verbindungen gleicher Ordnungen sind, und zwischen ihnen und dem Sauerstoff der Basen dasselbe stöchiometrische Verhältniß obwaltet, so muß wiederum, gleiche Sättigungsstufe vorausgesetzt, auch bei den Salzen, welche diese Säuren mit irgend einer Basis bilden, dasselbe stöchiometrische Verhältniß statt finden.

Es kommt indeß hier noch in Betracht, daß die meisten Salze beim Krystallisiren Krystallisationswasser aufnehmen. Die Menge desselben hat wesentlichen Einfluß auf die Krystallisationsgestalt, und bloß solche Salze, die nicht nur in Beziehung auf die Säuren und Basen gleiches stöchiometrisches Verhältniß beobachten, sondern auch gleiche Verhältnißtheile oder Atome (§. 97.) Krystallisationswasser enthalten, haben gleiche Krystallisationsformen.

Bernhardi, Hausmann, Stromeyer (Gilb. nn. A. XIII. 234.) und Beudant (Schw. J. XIX. 462 u. fg. Nach einem Auszuge aus den Annal. de Chim. et de Phys. Febr. 1817. S. 72.) glaubten aus den Erscheinungen, daß ein zusammengesetztes Salz, welches viel von einem und wenig von einem andern Salze enthält, dennoch die Krystallgestalt von diesem annehme, schließen zu müssen: eine Substanz könne eine so bedeutende Krystallisationskraft besitzen, daß sie mit einer andern gemischt, wenn sie auch von dieser sehr an Masse übertroffen werde, dennoch ihr die Krystallisationsgestalt mittheile und gleichsam vorschreibe.

Mischt man z. B. nur wenig Eisenvitriol zu Zinkvitriol, so krystallisirt ein Salz, welches viel von diesem und wenig von jenem enthält, dennoch aber die Krystallisation des Eisenvitriols annimmt. — Mischt man mit Zinkvitriol auch nur den achten oder sechszehnten Theil Kupfervitriol, so krystallisirt ein Salz, das die Krystallform des Kupfervitriols zeigt. — Beudant fand selbst, daß wenn er Eisen- Zink- und Kupfervitriol mit einander mischte, er aus einer solchen Mischung Krystalle erhielt, die 75 p. C. Zinkvitriol, 21 p. C. Kupfervitriol und 4 p. C. Eisenvitriol enthielten,

Digitized by Google

und welche die Kryſtallform des Eiſenvitriols hatten; ja er fand ſogar, daß bei einer ſolchen Miſchung die Menge des Eiſenvitriols bis auf 2 bis 3 p. C. herunterſinken könne, und daß dennoch das Salz die Form des Eiſenvitriols zeige. Vergl. Berzelius in Schw. J. XI. 207.

Die oben angedeutete Anſicht, der auch die franzöſiſche Akademie beitrat, daß es nämlich chemiſche Verbindungen geben könne, worin ein Beſtandtheil die Kryſtallform vorſchreibe, wenn er auch nur in ſehr geringer Menge darin enthalten ſey, und daß die andern Beſtandtheile durchaus keinen Einfluß auf die Form ausübten, ſuchte Mitſcherlich durch folgende Beobachtungen zu entkräften. Er fand, daß wenn zwei Salze A und B (von einer Säure aber von zwei verſchiedenen Baſen) mit einander kryſtalliſiren, und die Kryſtallgeſtalt des Doppelſalzes dieſelbe iſt wie die des Salzes A für ſich, das Salz B nicht dieſelbe Anzahl Atome Kryſtalliſationswaſſer enthalte, als es enthält, wenn es für ſich kryſtalliſirt, ſondern ſo viel als das andere Salz A enthält; ſo daß alſo das Doppelſalz gerade ſo viel Atome Kryſtalliſationswaſſer enthält, als es enthalten würde, wenn es ganz aus A beſtände. — Ferner wenn zwei Salze, wovon das eine z. B. 5 At. Kr. Waſſer, das andere 7 Atome Kr. Waſſer aufnehmen, mit einander gemiſcht ein Doppelſalz geben, welches alſo 6 At. Kr. Waſſer enthält, ſo iſt die Kryſtallform deſſelben weder die des einen noch des andern beider Salze, ſondern diejenige, welche ein Salz mit 6 At. Kr. Waſſer hat.

So hat z. B. der Eiſenvitriol 6 At., der Kupfervitriol 5 At. Kr. Waſſer; kryſtalliſiren aber beide zu einem Doppelſalz, ſo hat ſolches 6 At. Kr. Waſſer, alſo ſo viel als der Eiſenvitriol für ſich hat, und die Kryſtallform dieſes Doppelſalzes iſt die des Eiſenvitriols. — Ferner der Zinkvitriol enthält 7 At. Kr. Waſſer; kryſtalliſiren nun ohngefähr gleiche Theile Kupfer- und Zinkvitriol mit einander, ſo erhält man ein Doppelſalz, welches 6 At. Kr. Waſſer enthält und weder die Kryſtallform des Zink- noch Kupfervitriols, ſondern die des Eiſenvitriols hat.

Mitſcherlich glaubt endlich noch aus ſeinen Verſuchen ſchließen zu können, daß, wenn die Salze dieſelbe Kryſtalliſation haben, ſie mit einander in jedem Verhältniſſe vereinigt vorkommen können, wie die kohlenſauren Salze dieſer Klaſſe in der Natur, und die ſchwefelſauren in der Kunſt, daß aber, wenn ſich zwei Salze von

Digitized by Google

verschiedener Krystallisation zu einem Doppelsalz vereinigen, das Mischungsverhältniß ein constantes seyn müsse. Vergl. hiemit Gay — Lussac in Gilb. u. A. XXIV. 235.

Die 8 oben angeführten Basen, Kalkerde, Magnesia, Kupferoxyd, Manganoxydul, Eisenoxydul, Kobaltoxyd, Zinkoxyd und Nickeloxyd, welche eine besondere Gruppe von gleich krystallisirenden Körpern ausmachen, nennt Mitscherlich isomorphe Körper. Baryt, Strontian und Bleioxyd bilden eine andere Gruppe; Eisenoxyd, Manganoxyd und Thonerde eine dritte ꝛc. Aus seinen neuern Untersuchungen über die arsenikſauren und phosphorsauren Salze (s. a. o. a. O.) leitet er endlich folgendes Gesetz, welches zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Krystallgestalt statt finden soll, ab: Dieselbe Anzahl Atome, welche auf dieselbe Weise mit einander verbunden sind, bringt dieselbe Krystallgestalt hervor; und dieselbe Krystallgestalt ist unabgängig von der chemischen Natur der Atome, und wird bloß durch die Anzahl und die relative Lage der Atome bestimmt. (P. 419.)

Bernhardi (üb. die Kryst. des Eises ꝛc. in Schw. u. M. J. XXXII. 1 u. fg.) erinnert gegen Mitscherlich, daß die Krystallisation nicht immer mit den stöchiometrischen Verhältnissen in Parallele stehe, und daß sich der Grad der Krystallisationskraft eben so wenig als der Grad der Acidität und Alkalinität bloß nach der Menge des Stoffs richtet.

Von Seiten der Krystallographie hat Hauy mehrere Einwürfe gegen die Richtigkeit der Beobachtungen Mitscherlich's hervorgebracht, zuerst durch einen seiner Schüler in den Ann. de Chim. et de Phys. T. XIV. P. 305 und später in s. Traité de Mineralogie. sec. edit. Paris. 1822. T. 1 P. 39 u. fg. So zeigt er unter andern, daß die Grundgestalt des Bleivitriols ganz verschieden sey von der des schwefelsauren Baryts und schwefelsauren Strontians, obgleich diese drei Salze nach Mitscherlich's Voraussetzung dieselbe Grundgestalt haben sollen. Fast alles das, was Hauy in s. Traité gegen Mitscherlich anführt, ist schon von Beudant (in den Ann. de Chim. et de Phys. T. XIV. P. 326 u. fg.) berührt worden. Beudant bemerkt nämlich, daß alle Bestimmungen der Krystallgestalten der natürlichen Substanzen, welche

Digitized by Google

Mitscherlich gegeben, unrichtig seyen; dagegen erklärt er die von demselben angegebenen Krystallgestalten verschiedener künstlich dargestellter Salze für die richtigen, so wie er denn überhaupt Mitscherlich's Untersuchungen Gerechtigkeit widerfahren läßt. Vergl. hiemit Bernhardi. a. a. O. S. 5.

Berücksichtigt man, was oben (§. 95. Anm.) bemerkt worden, daß nämlich bei Bestimmung der Anzahl der Verhältnißtheile oder Atome in einer Verbindung noch lange nicht die Willkühr gänzlich ausgeschlossen ist: so muß man bekennen, daß wir's nicht wagen dürfen, irgend einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der Krystallisation und der Anzahl der Atome auszusprechen. Wenn Mitscherlich bloß von dem Verhältnisse des Sauerstoffs in einer Säure zu dem Sauerstoff in der Base ausgegangen wäre: so könnte von Seiten der Stöchiometrie gar nichts eingewandt werden; denn daß dieses Verhältniß ein unveränderliches, bei allen Salzen derselben Säure, und bei gleicher Sättigungsstufe sey, ist reine Thatsache. Eben so kann, die Richtigkeit der Analysen vorausgesetzt, gar nicht in Zweifel gezogen werden das identische stöchiometrische Verhältniß zwischen Phosphor- oder Arsenikſäure und irgend einer Basis, wiederum gleiche Sättigungsstufe vorausgesetzt. Allein Mitscherlich bemerkt sogleich im Eingang seiner oben angeführten deutschen Abhandlung, «daß in allen Fällen, in denen er eine Uebereinstimmung (zwischen den Proportionen in den chemischen Verbindungen, und der Krystallisation) beobachtet habe, durchaus der Grundsatz gelte, daß die Verbindungen, in denen die Anzahl der Atome gleich ist, auch ganz dieselbe Krystallisation haben»; er bezieht demnach diese Uebereinstimmung auf die gleiche Anzahl der Atome. Ferner heißt es: (S. 428) «Wenn zwei verschiedene Substanzen sich mit gleichen Voluminibus (Atomen) einer dritten verbinden, so bringen die beiden Körper, die aus dieser Verbindung entstehen, in allen ihren Verbindungen mit andern Substanzen Körper hervor, die nach denselben Verhältnissen zusammengesetzt sind; und ist die mit ihnen verbundene Substanz dieselbe, so haben die zwei aus dieser Verbindung entstandenen Körper dieselbe Form ꝛc.» Gegen diese Sätze läßt sich nun allerdings einwenden, daß auf eine willkührliche Annahme durchaus kein Gesetz gegründet werden könne; denn ist's etwas anders als eine Annahme nach Willkühr, daß in der Kalk», und Talkerde, in

Digitized by Google

dem Zink- und Nickeloxyd, zwei Atome Sauerstoff mit einem Atom Metall verbunden sind? — wenn man dieß auch von dem Eisen- und Manganoxydul, so wie von dem Kupfer- und Kobaltoxyd, deren verschiedene Oxydationsstufen genau erforscht sind, zugeben will! — Diese Einwendungen beziehen sich aber in der That nur auf den Ausdruck, nicht auf die Sache selbst: die Uebereinstimmung der Krystallisationsformen mit den stöchiometrischen Verhältnissen sollte, — vorausgesetzt, daß sich die Entdeckungen Mitscherlich's allgemein bestätigen, und die Einwürfe Hauy's entkräften lassen, — keineswegs bestritten werden; sondern nur das wollte ich erinnern, daß jene Uebereinstimmung an unveränderliche, über jede willkührliche Annahme erhabene stöchiometrische Verhältnisse zu knüpfen sey, wenn sie zum Gesetz erhoben werden soll. — Vielleicht läßt sich aber, wenn die völlige Allgemeinheit des von M. aufgestellten Gesetzes sich bestätigt hat, umgekehrt aus übereinstimmenden Krystallformen ein Schluß auf die Anzahl der in einem zusammengesetzten Körper anzunehmenden Atome machen.

Digitized by Google

Zweiter Theil.

Von den Körpern im weitesten Sinne des Worts.

Erster Hauptabschnitt.

Von den Imponderabilien.

§. 137.

Wir beginnen mit der Betrachtung der Imponderabilien (§. 4.) weil sie den ausgebreitesten Einfluß auf die Körperwelt in jeder Beziehung ausüben, und weil sie das mannigfaltige Spiel von Raum- und Ortsveränderungen, von Mischungen und Scheidungen, welche die ponderable Materie unaufhörlich erleidet, veranlassen und hauptsächlich erst möglich machen.

§. 138.

Mit Beziehung auf das, was oben (§. 4, 9, 10 und 13) im Allgemeinen von den Eigenschaften und von dem Verhalten der Imponderabilien zu einander und zur ponderablen Materie gesagt worden, ist hier noch hinzuzufügen, daß die Imponderabilien zwar in der Erscheinung sich verschieden zeigen, daß sie aber in ihrem innern Wesen eine unverkennbare Uebereinstimmung offenbaren, so daß die Hypothese, für sie sämmtlich einen, uns freilich gänzlich unbekannten, Stoff zu setzen, der, je nachdem er so oder anders modificirt sich darstellt, uns entweder als Licht, oder als Wärme, oder als Elektricität, oder als Magnetismus erscheint, nicht ganz unzulässig erachtet werden dürfte.

Digitized by Google

§. 139.

Ihre Gegenwart auf, unter, und über der Erde offenbart sich uns, wo wir nur immer hingelangen können. Wir finden alle Körper von ihnen durchdrungen, obgleich nicht alle sich gleich durchdringbar von ihnen zeigen. Ihre Verbreitung in dem mit ponderabler Materie erfüllten Raume erfolgt mit der verschiedensten, fast in gar keiner gegenseitigen Vergleichung stehenden Geschwindigkeit, meistens in geraden Richtungen, jedoch auch davon abweichend auf einem, ihnen von ponderablen Körpern angewiesenen Weg.

§. 140.

Die Imponderabilien sind: Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus. Ihre nähere Betrachtung wird darthun, daß sie nicht nur gegenseitig in einander übergehen können, sondern daß auch jeder der vier unwägbaren Stoffe verschieden modificirt in seinen Eigenschaften auftreten kann.

§. 141.

Obgleich ihre Betrachtung hier nur von der chemischen Seite (§. 26) ausgehen kann, so wird sich doch ergeben, daß auch verschiedene Erscheinungen, welche sie darbieten, obschon der Physik (§. 22) angehörig, nicht ganz unberührt bleiben dürfen, da sie mit andern chemischen Verhältnissen in zu naher Beziehung stehen.

Erstes Kapitel.

Licht.

§. 142.

Dasjenige Etwas, welches wir als die Ursache des Sichtbarwerdens aller Körper (§ 4.) betrachten, nennen wir das Licht (Lichtstoff).

Digitized by Google

§. 143.

Alles Licht geht von Körpern aus und verbreitet sich mit einer so ungeheuren Geschwindigkeit im Raume, daß es in einer Secunde einen Weg von mehr als 40,000 Meilen zurücklegt. Körper, von denen Licht ausgeht, sind an sich sichtbar oder leuchtend; hingegen solche, welche erst durch das von jenen auf sie gelangende Licht sichtbar oder erleuchtet werden, heißen dunkle Körper. Körper, welche dem Lichte den Durchgang verstatten, heißen durchsichtige, und die ihn unterbrechen, undurchsichtige. Die unvollkommen durchsichtigen heißen durchscheinend.

§. 144.

Das Licht ist ein allgemein verbreiteter, in alle Körper eindringender, folglich nicht sperrbarer Stoff, welcher auch nicht die schwächsten Spuren von einer Wirkung durch Anstoß zeigt. Es bietet aber Erscheinungen dar (§. 156.), welche von der Gestalt und Lage seiner kleinsten Theilchen abzuhängen scheinen. Es bringt ferner chemische Wirkungen in den Körpern hervor, so wie es wiederum häufig durch chemische Processe hervorgerufen wird.

Daß das Licht über den ganzen Weltraum verbreitet ist, beweisen unwiderleglich die Lichtstrahlen, welche die unzähligen Fixsterne uns zusenden; daß es indeß da, wo es den Sinn des Gesichts afficirt, in einem mit ponderabler Materie erfüllten Raume sich verbreitet, ist gleichfalls eine ausgemachte Thatsache. Ob nun aber jenseits unserer (als begrenzt angenommenen) Atmosphäre der Raum mit Materie erfüllt sey, darüber läßt sich durch die Erfahrung nicht entscheiden, so viel kann man indeß als gewiß annehmen, daß diese Materie, wenn sie auch existirt, wenigstens nicht in dem Sinne ponderable Materie genannt werden könne, wie unsere irdische ponderable Materie. Ohne in diesen rein speculativen Gegenstand tiefer eingehen zu wollen, bemerken wir hier nur noch in Beziehung auf das, was oben (§. 9) gesagt worden, daß dort bloß von irdischer Materie die Rede war; daß hingegen die Verbreitung des Lichts im leeren Raume nicht nur als möglich

Digitized by Google

sondern sogar als höchst wahrscheinlich angenommen werden müsse, wie auch auf eine, freilich nicht gegen jeden Einwurf gesicherte Weise, der Durchgang des Lichts durch die Torricellische Leere darthut. Eine solche cosmische Beziehung bietet übrigens unter den Imponderabilien nur das Licht dar, indem sich wenigstens gegen eine ähnliche Verbreitung des Wärmestoffs Einwendungen hervorbringen lassen (s. unten §. 179.) und von den übrigen Imponderabilien gar keine Erscheinung einer Verbreitung durch den Weltenraum bekannt ist.

Geradliniger Fortgang des Lichtes, Brechung und Zurückstrahlung.

§. 145.

Das Licht verbreitet sich von jedem leuchtenden Körper aus in geraden Linien, so lange es in einem durchsichtigen Mittel von derselben Dichtigkeit und derselben chemischen Beschaffenheit verweilt.

Gerade Linien von einem leuchtenden Körper nach allen Richtungen ausgehend, als den Weg des Lichtes bezeichnend, heißen Lichtstrahlen.

Wenn das Licht von einem Puncte aus nach allen Seiten sich verbreitet, so nimmt seine Stärke im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung ab.

§. 146.

Geht aber ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes, welches entweder von anderer Dichtigkeit oder anderer chemischer Beschaffenheit ist, und gelangt er in schiefer Richtung auf die Oberfläche desselben, so erleidet er eine Brechung (Refractio) d. h. er wird mehr oder weniger von seinem vorigen Wege abgelenkt. Der senkrecht einfallende Strahl geht hingegen ungebrochen durch.

Eine auf die brechende Oberfläche gezogene lothrechte Linie heißt das Einfallsloth. Geht ein Lichtstrahl aus einem dünneren in ein

Digitized by Google

dichteres Mittel, so wird er dem Einfallsloth zu; im entgegengesetzten Falle davon abgelenkt. Im Allgemeinen steht zwar der Grad der Brechung mit der Dichtigkeit der durchsichtigen Körper im Verhältnisse; allein die brennbaren Körper brechen das Licht stärker, als man nach Verhältniß ihrer Dichtigkeit erwarten sollte.

Arago und Petit (Ann. de Chim. et de Phys. I. 1.) haben gezeigt, daß, wenn ein tropfbarflüssiger Körper in den gasförmigen Zustand übergeht, sein Brechungsvermögen in einem ganz anderen Verhältnisse, als seine Dichtigkeit, abnehme.

Die Gesetze der Erscheinung der Brechung werden in der Dioptrik näher entwickelt.

§. 147.

Dabei zeigt das gebrochene Licht eine besondere Modification, indem das ungefärbte Sonnenlicht in eine Reihe sehr verschieden gefärbter Strahlen zerfällt, in der man gewöhnlich die sieben Hauptfarben: roth, orange, gelb, grün, blau, indig, violett unterscheidet. Man nennt diese Erscheinung die Farbenzerstreuung, und den farbigen Fleck, welcher entsteht, wenn die farbigen Strahlen von einer Fläche aufgefangen werden, das Farbenbild (Spectrum). Uebrigens nicht bloß das Sonnenlicht, sondern überhaupt ungefärbtes Licht, sey es diesen oder jenen Ursprungs, erleidet eine solche Veränderung.

Jeder dieser farbigen Strahlen erleidet durch eine zweite Brechung keine weitere Farbenveränderung.

§. 148.

Diese Spaltung des farblosen Lichtes in die sieben, sogenannten prismatischen (weil ein gläsernes Prisma diese Erscheinung am ausgezeichnetesten zeigt) Farben, und insbesondere die Raumverhältnisse dieser farbigen Strahlen zeigen, daß man die einzelnen farbigen Lichter gewissermaaßen für ungleichartige Bestandtheile des ungefärbten Lichtes, und letzteres daher für etwas Zusammengesetztes halten könne; daß

Digitized by Google

unter gewissen Umständen das farblose Licht in farbiges zerlegt werden könne; daß die einzelnen farbigen Strahlen eine verschiedene Brechbarkeit besitzen, welche bei den violetten am größten ist, und von diesen nach und nach bis zu den rothen abnimmt, denen die geringste Brechbarkeit eigen ist; und daß endlich mit demselben Grade von Brechbarkeit dieselbe Farbe verbunden ist und umgekehrt.

Unter Strahlen von mittlerer Brechbarkeit versteht man eigentlich diejenigen, welche in der Mitte des Farbenbildes liegen, also die grünen. Man bezeichnet aber gewöhnlicher damit die gelben Strahlen.

Die farbenzerstreuende Kraft (§. 147.) der verschiedenen durchsichtigen Körper steht nicht im Verhältnisse mit ihrer mittlern Brechbarkeit: d. h. die Brechung der äusseren Strahlen des Farbenbildes verhält sich in den verschiedenen durchsichtigen Körpern nicht wie die der mittleren.

§. 149.

Die prismatischen Farben zeigen ein ungleiches Vermögen zu erleuchten: die hellgelben oder blaßgrünen erleuchten am meisten, von diesen nimmt es nach beiden Seiten der Farbenreihe ab, so daß die violetten am schwächsten erleuchten. Insbesondere spricht sich aber in ihnen ein gewisser Gegensatz hinsichtlich ihrer erwärmenden Kraft und ihrer chemischen Wirksamkeit aus. Die erwärmende Kraft nimmt nach (§. 180.) von den minder brechbaren an immer ab, und ist in den brechbarsten (violetten) am schwächsten; dagegen ist die chemische Wirksamkeit dieser letzteren auf alle Substanzen, welche im Licht überhaupt eine Veränderung erleiden, fast gleich der des ungefärbten Sonnen- oder Tageslichts, während die am wenigsten brechbaren (rothen) sich häufig wie gänzliche Abwesenheit des Lichts (Dunkelheit oder Finsterniß) verhalten.

§. 150.

Gelangt ein Lichtstrahl auf die polirte Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers, so wird er in derselben Ebene, in welcher er auffällt und unter gleichem Winkel mit dem Einfallslothe zurückgeworfen (Reflexio lucis).

Die Gesetze dieser Zurückwerfung werden in der Katoptrik entwickelt.

Digitized by Google

§. 151.

Fällt das Licht auf die nicht polirte Oberfläche eines durchsichtigen Körpers, so wird es nach allen nur möglichen Richtungen zurückgeworfen, und durch diese Zerstreuung sehr geschwächt. Die verschiedenen Körper verhalten sich übrigens in dieser Beziehung sehr verschieden: einige, welche das meiste Licht, was sie erhalten, zurückwerfen, erscheinen weiß; andere, welche wenig oder gar nichts zurückwerfen, erscheinen schwarz; die meisten endlich, welche nur gewisse Bestandtheile des Lichtes zurückwerfen, während sie die anderen in sich aufnehmen, erscheinen auf verschiedene Weise gefärbt.

§. 152.

Nach dieser Ansicht wären die Farben der Körper nicht etwas denselben eigenthümliches, sondern abhängig von dem auf dieselben fallenden Lichte, gegen dessen ungleichartige Bestandtheile die verschiedenen Körper verschiedene Grade der chemischen Anziehung (§. 55.) äußern; wodurch es geschieht, daß einige von ihnen verschluckt, andere zurückgeworfen werden, und in uns durch den Sinn des Gesichts die Empfindung der verschiedenen Farben erregen.

Von Göthe's (Zur Farbenlehre. Tübingen 1810.) gegen diese (§. 147—152.) von Newton zuerst aufgestellte Theorie der Entstehung der Farben, beigebrachten Einwürfe, beruhen meistens auf mißverstandenen Sätzen.

§. 153.

Die Lichtstrahlen erleiden eine geringe Abweichung von ihrem geradlinigen Wege, wenn sie nahe an dem Rande eines Körpers vorbeigehen. (Beugung, Inflexio lucis). Ohne Zweifel rührt diese Erscheinung von einer Anziehung des Körpers gegen das Licht her; es ist aber noch nicht ausgemacht, ob dieselbe specifisch sey.

§. 154.

Es gibt gewisse durchsichtige krystallisirte Körper (z. B. Isländischer Kalkspath), in welchen sich ein durchgehender

Digitized by Google

Lichtstrahl in zwei Strahlen nach verschiedenen Richtungen spaltet. Wenn nämlich ein Lichtstrahl senkrecht auf eine der Seitenflächen eines solchen Krystalls fällt, so theilt er sich in zwei Strahlen, deren einer nach §. 146. sich nach der verlängerten Richtung des einfallenden Strahls fortbewegt, der andere aber mit diesem einen Winkel von einigen Graden macht.*) Fällt der Lichtstrahl hingegen schief auf die Seitenfläche eines solchen Krystalls, so theilt er sich ebenfalls in zwei Lichtbündel, wovon der eine nach dem gewöhnlichen Brechungsgesetze, der andere aber nach einem ungewöhnlichen Brechungsgesetze gebrochen wird.

*) Die Fläche eines Krystalls von solcher doppelter Strahlenbrechung, auf welche der Lichtstrahl fällt, nennt man die strahlenbrechende Fläche, sie mag durch Krystallisation oder durch künstliche Trennung entstanden seyn. Eine durch beide Strahlenbündel (den senkrechten und gebrochenen) gelegte Ebene heißt die Ebene des Hauptschnitts, welche stets mit der Axe der Krystallisation (§. 116.) (Axe der ergänzenden Massentheilchen §. 125.) parallel ist, und senkrecht auf der strahlenbrechenden Fläche steht.

Wenn die beiden durch einen solchen Krystall gespaltenen Strahlen auf einen zweiten Krystall fallen, dessen Hauptschnitt mit dem des erstern parallel liegt, so erfolgt keine abermalige Spaltung, sondern der nach dem Gesetze der gewöhnlichen Brechung gebrochene Strahl wird auch im zweiten Krystall ausschließlich nach demselben Gesetz gebrochen, und der nach dem ungewöhnlichen Brechungsgesetze gebrochene Strahl wird auch im zweiten Krystall ausschließend nach dem ungewöhnlichen Gesetze gebrochen. — Wenn hingegen der erste Krystall unverrückt bleibt, und mit dem zweiten eine Viertel-Umdrehung in der Art gemacht wird, daß die strahlenbrechenden Flächen beider Krystalle stets unter sich dieselbe relative Neigung behaupten, so wird der durch die gewöhnliche Brechung des ersten Krystalls entstandene Strahl von dem zweiten Krystall durchaus nach dem ungewöhnlichen Gesetze gebrochen, und umgekehrt ist nun der Strahl, welchen der zweite Krystall nach dem gewöhnlichen Gesetze bricht, derjenige, der durch die ungewöhnliche Brechung des ersten Krystalls entstanden war.

Digitized by Google

§. 155.

Diese besondere Erscheinung findet bei allen durchsichtigen Krystallen statt, deren Kerngestalt (§. 124.) weder der Würfel noch das regelmäßige Octaeder ist. *) (Vergl. oben §. 125., erste Anm.)

Malus hat außerdem gefunden, daß auch organische Körper, als wie die fibrösen und durchscheinenden Theile von Blättern und von Blumen, das Häutchen, womit der Splint überzogen ist, Seide, Wolle, weiße Haare, Schuppen, Horn, Elfenbein, Federn, Häute von vierfüßigen Thieren und von Fischen, Muscheln, Fischbein u. d. m. das Licht auf dieselbe Weise modificiren, als die oben genannten krystallisirten Körper. Gilb. n. A. X. 140.

*) S. dagegen Brewster in Schw. J XVII. 152.

§. 156.

Wenn ein Lichtstrahl unter einem Winkel von 35° 25′ auf ein unbelegtes Spiegelglas fällt, (wobei wir annehmen wollen, die dem Lichtstrahle zugekehrte Fläche der Glasplatte sey gegen Süden gekehrt) so wird er nach §. 150. in derselben Ebene, in welcher er auffällt (Einfallsebene) und unter demselben Winkel zurückgeworfen. Fällt dieser zurückgeworfene Strahl auf eine zweite Spiegelscheibe, welche parallel mit der erstern steht (wo also die diesem zurückgeworfenen Strahle zugekehrte Fläche nach Norden hinstehen wird), so wird er unter demselben Winkel von 35° 25′ auf sie auffallen, und von ihr in einer Richtung, die seiner anfänglichen parallel ist, zurückgeworfen werden. In diesem Falle bemerkt man an dem Lichtstrahle nichts Besonderes. Dreht man diese zweite Spiegelscheibe um eine Axe, welche gerade in der verlängerten Richtung des zurückgeworfenen Strahls liegt, so wird bei allen Stellungen jener Winkel beibehalten werden. Wenn nun die dem zurückgeworfenen Strahle zugekehrte Fläche nach Osten oder nach Westen hinsteht, so wird die zweite Spiegelscheibe auch nicht ein einziges Lichttheilchen, weder von ihrer

Digitized by Google

obern, noch von ihrer untern Fläche zurückwerfen. Steht hingegen die dem zurückgeworfenen Strahle zugekehrte Fläche nach Süden hin, so wird die zweite Spiegelscheibe aufs Neue die gewöhnliche Menge einfallenden Lichts zurückwerfen. In den Zwischenlagen ist die Zurückwerfung mehr oder weniger vollständig, je nachdem der von der zweiten Spiegelscheibe zurückgeworfene Strahl von seiner anfänglichen Richtung mehr oder weniger abweicht. Da sich also der von der ersten Spiegelscheibe zurückgeworfene Strahl ganz gleich verhält, die zweite Spiegelscheibe mag gegen Norden oder Süden gekehrt seyn; dagegen ein verschiedenes Verhalten zeigt, wenn diese Scheibe gegen Osten oder Westen gekehrt ist: so können diese veränderten Eigenschaften des Lichts nicht von der Richtung der zurückwerfenden Oberfläche abhängig seyn, sondern müssen sich lediglich auf die Seiten des, auf die zweite Spiegelscheibe auffallenden, Strahls beziehen. Insofern man diese Seiten durch die Namen Pole bezeichnen kann, nannte Malus, der Entdecker dieser merkwürdigen Erscheinungen, die Modification, welche dem Lichte Eigenschaften giebt, die sich auf diese Pole beziehen, Polarisirung.

Von dem Lichtstrahle, der auf die erste Spiegelscheibe fällt, wird nur ein Theil zurückgeworfen, der übrige Theil geht durch die Scheibe hindurch. Fällt dieser hindurchgehende Theil auf einen parallel mit jener Scheibe stehenden Glasspiegel, so zeigt der dadurch zurückgeworfene Strahl ähnliche Eigenschaften als der erste, aber gerade in entgegengesetztem Sinn; denn fällt er auch ganz unter denselben Umständen wie jener auf eine Spiegelscheibe, so wird von dieser stets ein Theil des Lichts zurückgeworfen, aber sehr viel weniger, wenn die zurückwerfende Fläche nach Süden oder Norden zu gerichtet ist, als wenn sie nach Osten oder Westen zu steht. — Das Wesentliche dieser Erscheinung besteht demnach darin, daß alles Licht des Lichtstrahls, welches von der ersten Spiegelscheibe zurückgeworfen wurde, auf einerlei Art polarisirt ist; während das durch die Scheibe hindurchgehende Licht, erstens aus einer in dem entgegengesetzten Sinne polarisirten und der zurückgeworfenen Lichtmenge proportionalen Quantität, und zweitens aus nicht ver-

Digitized by Google

ändertem Lichte, welches die Eigenschaften des directen Lichts behält, besteht.

Malus fand, daß alle Körper in der Natur das Licht, welches sie unter einem gewissen (für jeden verschiedenen) Winkel zurückwerfen, vollständig polarisiren. Ueber diesen Zurückwerfungs-Winkel hinaus, und unterhalb desselben, nimmt aber das Licht diese Modification nur auf eine unvollständige Weise an. — Die Metalle, welche mehr Licht als die durchsichtigen Körper zurückwerfen, polarisiren davon auch mehr.

§. 157.

Vergleicht man die in den §§. 154. u. 156. beschriebenen Erscheinungen mit einander, so leuchtet schon von selbst ihre Aehnlichkeit unter sich ein. Malus hat übrigens auf das Bestimmteste dargethan, daß die Modification, welche das Licht beim Durchgang durch krystallisirte Körper von doppelter Strahlenbrechung (§. 154.) erleidet, genau derjenigen gleich ist, welche es beim Zurückwerfen von einem polirten Spiegelglase (unter dem angegebenen Winkel §. 156.) annimmt.

Man kann demnach einen Lichtstrahl entweder durch Zurückwerfung, oder durch Brechung durch einen Krystall von doppelter Strahlenbrechung polarisiren, wobei auch im letzten Falle zwei entgegengesetzt polarisirte Lichtbündel entstehen. — Eben so kann ein polarisirter Lichtstrahl durch die doppelte Strahlenbrechung depolarisirt, d. h. wieder hergestellt werden.

Malus's Entdeckungen finden sich in mehreren Abhandl. in Gilb. n. A. I. 286. II. 463. VII. 109. VIII. 237. X. 119. Vergl. Seebeck in Schw. J. VII. 259 fg. und Mayer in den Comm. Soc. R. Scient. Goetting. ad ann. 1811—13.

§. 158.

Diese wichtigen Entdeckungen zeigen, daß Licht, welches von der Oberfläche undurchsichtiger oder durchsichtiger Körper zurückgeworfen, oder durch Krystalle von doppelter Strahlenbrechung gespalten wird, neue Eigenschaften annimmt, wodurch es sich wesentlich von dem Lichte unterscheidet, welches

Digitized by Google

unmittelbar von leuchtenden Körpern ausstrahlt. Sie lehren uns ferner, daß einfache oder doppelte Strahlenbrechung durchaus nur von der relativen Lage der Axe der Molekule in den Krystallen (§. 125.), nicht aber von den chemischen Bestandtheilen derselben, oder von den natürlichen oder künstlichen strahlenbrechenden Flächen (§. 154.) abhängig sey.

§. 159.

Da nun durch diese Entdeckungen ein Zusammenhang zwischen der Krystallform eines krystallisirten Körpers und seinem optischen Verhalten nachgewiesen worden; da ferner nach §. 134. u. fg. ebenfalls ein Zusammenhang zwischen der Krystallform und den stöchiometrischen Verhältnissen statt findet: so ergiebt sich hieraus, daß auch das Verhalten eines krystallisirten Körpers zum Licht, und seine stöchiometrischen Verhältnisse in nahem Zusammenhang mit einander stehen müssen.

Wie wichtig für den Chemiker die Kenntniß des optischen (oder eigentlich dioptrischen) Verhaltens eines Körpers ist, hat Malus durch eine sinnreiche Methode gezeigt, in Krystallen, an denen keine Spur von ihrer Kerngestalt (§.121.) wahrzunehmen ist, um so leichter also in nicht entstellten Krystallen, die Axe der Krystallisation und der Brechung aufzufinden. — Um sich hievon einen Begriff im Allgemeinen machen zu können, bemerke man, daß wenn ein Krystall von doppelter Strahlenbrechung zwischen zwei Spiegelgläser gebracht wird, welche gegen den Horizont unter einem Winkel von 54° 35′ geneigt sind, wovon aber das eine gegen Süden, das andere gegen Osten zugekehrt ist, (Vergl. §. 156.) und ein, auf jenes unter einem Winkel von 35° 25′ auffallender, Lichtstrahl durch den Krystall hindurchgeht, ohne durch die doppelte Strahlenbrechung modificirt zu werden; in diesem Falle der Hauptschnitt des Krystalls auf einem der beiden Spiegelgläser senkrecht steht. Auf diese Weise läßt sich die Lage der Hauptschnitte für je zwei der Seitenflächen des Krystalls ausmitteln, und da nach §. 154. Anm. die Axe der Brechung und der Krystallisation mit jedem Hauptschnitte parallel ist, so giebt der Durchschnitt je zweier Hauptschnitte die Richtung der Axe, der Brechung und

Digitized by Google

der Krystallisation an. — Das Weitere hierüber s. Gilb. n. A. X. 132 fg.

Brewster hat die von Malus gebrochene Bahn weiter verfolgt. Dess. Unters. über Depolarisation des Lichts in Schw. J. XVII. 135 fg. Ueb. den Zusammenhang zwischen den Kerngestalten der Kryst., und der Anzahl ihrer Axen dopp. Strahlenbrechung in Gilb. nn. A. IX. 1. fg. eb. 157.

Verhalten des Lichts zu den Körpern.

§. 160.

Wenn Körper dem Lichte ausgesetzt sind, so wird, je nach der Natur derselben, mehr oder weniger davon absorbirt: die Wirkungen, welche aber das Licht in den Körpern hervorbringt, können sehr verschiedener Art seyn. Einige scheinen das absorbirte Licht nach und nach in der Dunkelheit wieder fahren zu lassen; in anderen erhöht sich die Temperatur; wieder andere, welche Verwandtschaft (§. 55.) zu einander äussern, und in den zur Mischung erforderlichen Verhältnissen sich befinden, mischen sich mit einander, wenn sie dem Einflusse des Lichts ausgesetzt werden; noch andere zusammengesetzte Körper erleiden durch das Licht eine mehr oder weniger vollständige Zerlegung; in manchen Fällen erfolgen auch Mischungen und Scheidungen zugleich; und endlich erleiden manche Körper im Lichte eine Veränderung (meistens Farbenveränderung) deren Natur noch nicht gehörig ergründet ist.

§. 161.

Es findet aber, wie schon (§. 149.) bemerkt worden, bei allen diesen Wirkungen ein grosser Unterschied zwischen ungefärbtem und farbigem Lichte, und wiederum ein fast eben so grosser zwischen den verschieden gefärbten Lichtern statt, wie dieß unten mehrere Thatsachen bestätigen werden.

Seebeck (Schw. J. VII. 259.) hat nicht gefunden, daß polarisirtes Licht eine andere chemische Wirksamkeit zeige als nicht polarisirtes.

Digitized by Google

Auch Berard (Gilb. n. A. XVI. 382.) fand, daß die beiden Farbenspectra eines durch einen isländischen Krystall getheilten Lichtstrahls gleiche Eigenschaften zeigen.

Ritter machte aber zuerst darauf aufmerksam (Gilb. A. VII. 527. u. XII. 409.) daß sogar jenseits des Violetts im Farbenspectrum noch eine chemische Wirkung (auf das Hornsilber vergl. §. 166.) sich zeige, ja nach ihm soll sogar in dieser Stelle das Maximum der chemischen Wirksamkeit liegen. Diese Entdeckung wurde bestätigt von Wollaston in Gilb. n. A. I. 416. IX. 291. Vergl. Davy in Gilb. A. XIII. 114. Anm. und Berard in n. A. XVI. 385.

§. 162.

Körper, welche dem Sonnen- oder häufig bloß dem zerstreuten Tageslichte ausgesetzt gewesen, nachher in einem dunkeln Raume mit schwachem Lichte eine Zeit lang leuchten, ohne daß damit weder ein Verbrennen, (also auch keine merkliche Wärmeentwicklung), noch irgend eine merkliche Zersetzung verbunden ist, nennt man Lichtträger, Lichtsauger, Lichtmagnete (Phosphori) und diese Lichtausströmung selbst Phosphorescenz durch Insolation oder Bestrahlung. Diese Lichtentwicklung wird stets nach und nach schwächer, und hört zuletzt ganz auf; erneuert sich aber wieder, wenn solche Lichtträger abermals dem Sonnenlichte ausgesetzt werden.

Diese Lichtträger sind durchsichtige oder undurchsichtige, farblose oder schwachgefärbte, nie ganz schwarze Körper; die besten Lichtträger verlieren sogar ihre Leuchtkraft, wenn man sie mit einem schwarzen Pigment überzieht. — Zu den vorzüglichsten gehören nach Heinrich: Diamant (einige leuchten jedoch nicht) Schwefelbaryt (bononischer Leuchtstein), Schwefelstrontian, Schwefelkalk (Canton's Phosphor), natürlicher kohlensaurer Strontian, Arragonit, verschiedene natürliche Arten kohlensauren Kalks, Chlorincalcium (Hombergscher Phosphor) wasserfreier salpetersaurer Kalk (Balduinscher Phosphor); ferner nach Grotthuß der Chlorophan (röthlichviolette Flußspath) von Nertschinsk, einer der unvergänglichsten Lichtträger. Eine große

Digitized by Google

Anzahl verschiedener anderer unorganischer (theils natürlicher, theis künstlicher) so wie vegetabilischer (das Pflanzenreich ist übrigens ziemlich arm an guten Lichtträgern) und thierischer Substanzen besitzen diese Eigenschaft gleichfalls in einem mehr oder weniger hohen Grade. Dabei fand Heinrich, daß dieselben Gemische, je nachdem sie natürlichen oder künstlichen Ursprungs sind, hinsichtlich ihrer Phosphorescenz sich sehr verschieden zeigen (Gyps und schwefelsaurer Kalk). — Gar nicht leuchten: Wasser und alle übrigen liquiden Flüssigkeiten, Schwefel, Graphit, so wie überhaupt kein brennbares Mineral, mit Ausnahme des Bernsteins, sämmtliche Metalle, (die künstlichen, durch Luft und Hitze bereiteten, Metalloxyde sehr schwach oder gar nicht, die natürlichen etwas besser) Schwefelmetalle, ausser Auripigment, Baryt, Strontian, Kalk, frische Pflanzentheile, ungebleichtes Garn von Hanf und Flachs, Torf, Holzkohlen.

Alle Lichtträger müssen, wenn sie im Dunkeln leuchten sollen, zuvor dem Lichte ausgesetzt werden: einige haben das unmittelbare Sonnenlicht nöthig; andere jedoch, wie Canton's und Bononischer Phosphor, erlangen diese Eigenschaften schon im reflectirten Sonnenlicht, oder sogar durch starkes Lampenlicht; unter allen Lichtträgern bloß einige Diamante und Canton's Phosphor durch Mondlicht. Auch elektrisches Licht zeigt sich wirksam, und zwar übertrifft nach Heinrich und Grotthuß die durch Elektricität bewirkte Phosphorescenz im Durchschnitt jene durch Sonnenlicht an Dauer, und Lichtträger, welche z. B. durch höhere Temperatur ihre Phosphorescenz verloren haben, erlangen sie wieder durch Elektricität. Eine starke Ladung der Flasche bewirkt zwar eine stärkere Phosphorescenz, doch erreicht man bald einen Grad, den man nicht überschreiten darf, ohne der guten Phosphorescenz zu schaden, weil eine zu starke Ladung eine Zerstörung der Substanzen nach sich zieht. Seebeck fand, daß Canton's und Bononischer Phosphor schon Phosphorescenz erlangen, wenn sie sich in hermetisch verschlossenen Glasröhren befinden, und einen Zoll, und noch tiefer unter den Kugeln des Ausladers liegen. Auch hier zeigt sich der unten näher berührte Farbengegensatz. — Das Licht einer Volta'schen Batterie von 400 Plattenpaaren von der Größe eines Laubthalers blieb ohne Wirkung.

Digitized by Google

Stets steht zwar nach Seebeck der Glanz und die Lebhaftigkeit ihres Leuchtens mit der Stärke des Lichts, welches dasselbe bewirkt hat, in geradem Verhältnisse; allein eine zu starke und anhaltende Bestrahlung schadet nach Heinrich mehr als sie nützt: concentrirtes Licht der Brennlinse zerstört selbst bei feuerbeständigen Substanzen diese Leuchtkraft ganz und gar; dagegen ist häufig ein augenblickliches Bestrahlen schon hinreichend, ein, obgleich nur kürzeres Leuchten zu bewirken. Nach Heinrich reichen ohngefähr 10 Sec. hin, um einem Körper durch Bestrahlung der Sonne das Maximum seiner Phosphorescenz zu geben.

Das Licht, welches Lichtträger von sich geben, kommt nicht bloß von der Oberfläche, sondern auch von ihrem Innern. Uebrigens behalten sie dieses leuchtende Vermögen so lange, als sie keine chemische Veränderung erleiden.

Diese Lichtträger verhalten sich gegen das farbige Licht des Prisma's dem gemäß wie oben (§. 189.) angeführt: so daß nämlich nach Seebeck, Heinrich und Grotthuß die blauen Strahlen, (und sogar noch etwas über die blaue Grenze des Farbenbildes hinaus) am stärksten, jedoch nie so stark wie das ungefärbte Licht, die rothen aber am wenigsten die Phosphorescenz hervorrufen. Nach Seebeck verlöschen Lichtsauger, welche durch farbloses Licht leuchtend geworden, auch im rothen Lichte viel schneller, als im dunkeln, ja sogar im rothen, durch eine Linse concentrirten Licht augenblicklich. Nach Heinrich's oben angeführten Erfahrungen scheint dieß jedoch nicht bloß dem concentrirten rothen Lichte eigen zu seyn. Ebenso entgegengesetzt verhält sich das durch ein blaues oder rothes Glas gefärbte Sonnenlicht, oder auch ein jedes andere Licht, wenn es nur überhaupt Intensität genug hat, ein Leuchten zu erregen.

Die Dauer und Lebhaftigkeit des Leuchtens ist sehr verschieden je nach der Natur der Substanz: die Dauer erstreckt sich von wenigen Secunden bis zu mehreren Tagen. Eine eben solche Verschiedenheit zeigt sich auch in der Farbe des Lichtes, womit sie leuchten: die meisten, nach Heinrich alle natürliche Körper, zeigen vollkommen farbloses Licht, wenn sie insolirt worden; die durch Elektricität bewirkte Phosphorescenz findet aber häufig mit farbigem Lichte statt; die übrigen, also bloß künstliche Zusammensetzungen, durchlaufen die ganze Farbenreihe des Spectrums. Diese

Farbe steht übrigens in gar keiner Beziehung zu der Farbe des Lichtes, wodurch der Lichtträger zum Phosphoresciren gebracht wurde: ein durch den blauen Strahl des Prisma's beleuchteter Diamant leuchtet mit demselben feurigweißen Lichte, als wenn er dem ungefärbten Sonnenlichte ausgesetzt worden wäre. Diese Thatsachen, wozu noch kommt, daß ein Lichtträger da, wo er ein guter Spiegel, also gut reflectirend, ist, schlecht, hingegen gut leuchtet, wo er nicht spiegelt — zeigen, daß sich das Leuchten durch Insolation aus der bloßen Zurückgabe des Bestrahlungslichts nicht hinreichend erklären lasse, sondern daß die Lichtträger wahrscheinlich mit eigenem Lichte leuchten, und daß das Aussetzen an das Licht die Entwicklung dieses eigenen Lichts veranlasse. S. dagegen Grotthuß a. u. a. O. XV. 180 fg.

Das Leuchten erfolgt in allen durchsichtigen Mitteln, welche nicht zerstörend auf den Lichtträger einwirken; einige leuchten sogar unter Wasser und Weingeist, eben so auch nach Seebeck in der Torricellischen Leere. Berühren, drücken, reiben u. dergl. hemmt das begonnene Leuchten nicht.

Die Temperatur erhöht nach Heinrich die Intensität des Leuchtens, verkürzt aber die Dauer desselben; Kälte wirkt entgegengesetzt. Nach Grotthuß begünstigt die Kälte das Lichteinsaugen, Wärme hingegen das Lichtausströmen. Auch steht nach ihm die Phosphorescenz im geraden Verhältnisse mit der Trockenheit der Lichtträger; so daß viele hygroscopische Substanzen durch Verlust ihrer Feuchtigkeit in höherer Temperatur zu Lichtträgern werden; welche Eigenschaft sie wieder verlieren, wenn sie Feuchtigkeit aus der Luft anziehen. Anders verhält es sich aber mit den im Wasser auflöslichen Stoffen, nämlich mit den Salzen: diese können nach Dessaignes und Grotthuß, wenn man ihnen ihre Phosphorescenz genommen hat, bloß durch Wiedererstattung der verlornen Feuchtigkeit, ohne alle weitere Lichteinwirkung, diejenige Phosphorescenz wieder erlangen, die sie auf einer heißen (nicht glühenden) Unterlage im Finstern vorher zeigten. Vergl. S. 174.

Placid. Heinrich die Phosphorescenz der Körper ꝛc. 1ste Abhdlg. von der durch Licht bewirkten Phosphorescenz der Körper. Nürnb. 1811. Vergl. Schw. und Mein. J. XXIX. 101 fg. — Seebeck üb. Wirkung farbiger Beleuchtung auf verschiedene Arten von Leucht-

Digitized by Google

steinen in Göthe's Farbenlehre II. 703 fg. Vergl. Schw. J. VII. 121. — Dessaignes, üb. die Phosphorescenzen (eine gekrönte Preisschrift) s. in dem o. a. Werke von Heinrich S. 107 fg. — Von Grotthuß, üb. einen neuen Lichtsauger, nebst einigen allgemeinen Betracht. üb. die Phosphorescenz und die Farben in Schw. J. XIV. 133 fg. Fortsetzung XV. 172. fg.

§. 163.

Es sind bis jetzt einige Fälle bekannt geworden, wo das Licht gleichsam die chemische Verwandtschaft zwischen zweien Körpern hervorruft, und eine Mischung veranlaßt.

Chlorin- und Wasserstoffgas mischen sich mit einander zu salzsaurem Gas, im Sonnenlichte unter farbenlosem Glase mit lebhafter Explosion; (wie zuerst Gay — Lussac und Thenard beobachtet haben Rech. II. 129) unter blauem Glase zwar ohne Explosion, aber doch sogleich; unter gelbrothem Glase sehr langsam; im zerstreuten Tageslichte allmälig, und im Dunkeln gar nicht. Seebeck in Schw. II. 238. Diese verschiedene Wirksamkeit des durch farbige Gläser gefärbten Lichtes habe ich stets bestätigt gefunden; einmal aber an einem schönen, wolkenfreien Sommertag, wo ich in meinen Vorlesungen die Wirkung des blauen Lichtes zeigen wollte, detonirte das Gasgemeng unter einem blauen Glase eben so heftig als unter einem farbenlosen. In dem darauf folgenden Winterhalbjahre, wo ich den Versuch ebenfalls anstellte, und wo der Himmel auch ganz wolkenfrei war, kam es ganz unter denselben Umständen nicht zur Verpuffung. Es muß demnach jene Wirkung von der größern Intensität der mehr senkrecht auffallenden Strahlen hergerührt haben. Bei dieser Gelegenheit muß ich noch eines anderen Umstandes Erwähnung thun. Ich habe einmal das Gasgemeng in einem kleinen Glase mit Glasstöpsel verschlossen den Sonnenstrahlen ausgesetzt, ohne daß Verpuffung erfolgte; während ganz unter denselben Umständen das Gasgemeng in einem offenen, bloß mit Wasser gesperrten Glase sehr heftig detonirte. Ich habe es bisher noch versäumt, den Grund dieser abweichenden Erscheinung

Digitized by Google

aufzusuchen. — Chlorin- und Kohlenoxydgas mischen sich miteinander im Sonnenlichte zu Phosgengas.

§. 164.

Noch viel häufiger bewirkt das Licht Zersetzungen zusammengesetzter Körper.

Concentrirte Salpetersäure wird nach Scheele durch Licht (so wie durch Glühehitze) in Sauerstoffgas und salpetrige Säure zersetzt — Salze, welche Krystallwasser enthalten, verlieren dasselbe nach A. Vogel in der Sonne. — Verschiedene Metalloxyde, theils als solche, theils mit Säure verbunden, entwickeln im Sonnenlichte Sauerstoffgas, oder sie zerfallen in Metall und in eine höhere Oxydationsstufe So zerfällt braunes Bleioxyd in rothes Oxyd und in Sauerstoffgas; Queckfilberoxydul in Queckfilber und rothes Oxyd. Alle diese Wirkungen erfolgen nach Seebeck und Vogel nicht, oder wenigstens nicht merklich, unter gelbrothem Glase; dagegen unter weißem oder blauem Glase. So wird nach Seebeck Queckfilberoxyd unter Wasser hinter farblosem oder blauem, nicht hinter rothem Glase in Oxydul und Sauerstoffgas zerlegt. — Silberoxyd und Goldoxyd werden, wahrscheinlich unter Sauerstoffgasentwicklung, geschwärzt. — Neutrales salzsaures Goldoxyd im Wasser gelöst, setzt nach Scheele am Lichte Goldflittern ab. — Sublimat im Wasser gelöst zersetzt sich am Lichte in Calomel, Salzsäure und Sauerstoffgas. — Nach Senebier a. u. a. O. II. 29. und Tessier (Mem. de l'Acad. des Sc. de Paris. 1783. 133) wirkt das blaue Licht auf Pflanzen wie das ungefärbte Sonnenlicht; das dunkelgelbe dagegen wie Abwesenheit des Lichts. S. dagegen Ruhland in Schw. J. IX. 233.

§. 165.

Endlich erfolgen am häufigsten Mischungen und Zersetzungen zugleich; so wie auch die durch das Licht hervorgebrachten Farbenveränderungen stets mit einer Veränderung der chemischen Mischung begleitet zu seyn scheinen.

Digitized by Google

Chlorin zersetzt das Wasser bloß im Lichte. — Die Metalloxyde in Metallsalzen, welche im Weingeist oder Aether gelöst sind, werden durch diese im Lichte theilweise desoxydirt. Ebenso verwandeln sich mehrere Chlorinverbindungen im Maximum in Chlorinverbindungen im Minimum. — So nach Gehlen das im Aether gelöste gelbe salzsaure Uranoxyd. — Nach Vogel das im Aether gelöste salzsaure Eisenoxyd und salzsaure Kupferoxyd, so wie der in derselben Flüssigkeit gelöste Queckſilbersublimat. — Nach demselben entfärbt sich auch das im Aether gelöste salzsaure Goldoxyd, und wird nachher durch Zinnauflösung nur schwach geröthet. — Nach Grotthuß das im Weingeist gelöste rothe schwefelblausaure Eisenoxyd. Vergl. Vogel und Sömmering in Schw. J. XXIII. 30. — Stets hat Vogel die verschiedene (§. 149) Wirksamkeit der farbigen Lichter beobachtet. — Salzsaures Platinoxyd im Aether gelöset, entfärbt sich nach Gehlen am Lichte, unter Absetzung von etwas Platin. — Verschiedene andere organische Stoffe desoxydiren ebenfalls die edlen Metalloxyde in Metallsalzen häufig nur bei Gegenwart des Lichts. — Eben so befördert das Licht die Oxydation verschiedener organischer Stoffe auf Kosten der atmosph. Luft: von der Art ist die Entfärbung und das Rothschwerden der mit verschiedenen vegetabilischen Pigmenten gefärbten, und dem Sonnenlichte ausgesetzten Zeuge; — Wahrscheinlich auch die Entfärbung der Blumenblätter der Klatschrose so wie einer Tinctur von rothen Nelken und Safran, welche nach Vogel hinter blauem Glase schneller erfolgt, als hinter rothem; — ebenfalls nach Wollaston die grüne Färbung des gelben Guajaks, wenn es mit Sauerstoffgas umgeben dem farblosen oder violetten Lichte ausgesetzt oder stark erwärmt wird, während das concentrirte rothe Licht wieder die ursprüngliche gelbe Farbe herstellt. — Die blaue wässrige Auflösung des Jodinstärkmehls wird nach Grotthuß durch farbloses Licht und durch das gelbgrüne des Spectrums ganz entfärbt, durch das rothe und blaue fast nicht und durch das violette gar nicht, so daß dieses umgekehrt die Ausbleichung des Tageslichts verhindert.

Grotthuß schließt aus diesen und einigen von Davy und Seebeck angestellten Beobachtungen: daß das farbige Licht diejenige Farbe der ihm ausgesetzten Körper zu zerstören sucht,

Digitized by Google

welche seiner eigenen entgegengesetzt ist; daß es dagegen seine eigene oder eine ihm analoge darin zu erhalten strebt. A. u. a. O. 59.

§. 166.

Es sind ausserdem noch mehrere Veränderungen, die Körper durch das Licht erleiden, bekannt, deren Natur aber noch nicht ausgemittelt ist.

Phosphor verwandelt sich in der Luft und in verschiedenen andern Gasarten, so wie unter Wasser oder im luftleeren Raume, dem Lichte ausgesetzt, in einen rothen, undurchsichtigen, schwer schmelzbaren Körper. — Auch hier wirkt blaues Licht schneller als rothes. S. hierüber Böckmann in Scherer's J. V. 243. Vogel in Schw. J. VII. 95. und Gilb. n. A. XV. 63 und XVIII. 376, Seebeck eb. 119, Ruhland eb. IX. 231. — Die Farbe des rothen Bleioxyds wird am Lichte schmutzig. — Calomel wird nach Vogel am Lichte dunkel, ohne Sauerstoffgas und Salzsäure zu entwickeln. — Frisch gefälltes weißes Hornsilber wird am Lichte violett und dann schwarz. Die verschiedene Wirkung des farbigen Lichtes hat zuerst Scheele (a. u. a. O.) bemerkt. Vergl. Senebier a. u. a. O. III. 97. Berthollet und Bucholz in Gilb. n. A. I. 208, eb. IX. 292 Anm. Seebeck a. u. a. O. 717. Berard a. u. a. O. 386. Vogel a. u. a. O. 383 Anm. — Das gelbe Sadebaum- und Krauseminzöl entfärbt sich am Lichte; das blaue Chamillen- und das farblose Terpenthinöl wird gelb. — Die farblose Purpursäure wird nach Brugnatelli und Prout im Lichte (auch durch Wärme) roth; hat sie aber durch Efflorescenz alles Krystallwasser verloren, so färbt sie sich nicht mehr im Licht.

* * *

Scheele's phys. chem. Werke I. — Senebier üb. den Einfluß des Sonnenlichts 3 Th. — Miss Fulhame in Scher. J. I. 433. Seebeck in Göthe's Farbenl. II. 716. Von der chem. Action des Lichts und der farb. Beleuchtung. — Wollaston üb. gewisse chem. Wirkungen des Lichts in Gilb. n. A. IX. 291. 1811. — Biot's Bericht

Digitized by Google

über Berard's Abhdlg. üb. d. phys. und chem. Eigensch. der versch. Sonnenstrahl. ꝛc. eb. XVI. 381. — Vogel von der chem. Wirk. des Sonnenlichts eb. XVIII. 375 vergl. Schw. J. IX. 236. — v. Grotthuß üb. d. chem. Wirksamkeit des Lichtes ꝛc. in Gilb. nn. A. 1. 50.

§. 167.

Da nach einer täglichen Erfahrung die meisten Körper unserer Erde, wenn sie längere oder kürzere Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt werden, keine andere Veränderung erleiden, als daß ihre Temperatur zunimmt, so mußte man sich die Frage aufwerfen, ob nicht vielleicht alle die in den §. §. 163—166 beschriebenen Wirkungen des Lichts, ebenfalls durch eine mehr oder minder starke dunkle Wärme sich hervorbringen lassen, oder ob sie dem Lichte eigenthümlich sind.

Gay—Lussac und Thenard (Betrachtungen üb. die Art, wie das Licht bei chem. Erscheinungen wirkt, in Schw. J. V. 219. fg.) haben aus mehreren hierüber angestellten Versuchen das Resultat gezogen, daß das Licht bald wie Wärme von 100°, bald wie eine von 125°, 160°, 180°, bis 210°, ja selbst zuweilen wie Rothglühehitze wirke. Sie fügen übrigens hinzu, daß wenn es auch erwiesen zu seyn scheine, daß chemische Veränderungen, welche in den Körpern durch das Licht hervorgebracht werden, eben so gut auch durch Hitze erfolgen können, doch schwer zu entscheiden sey, ob des Lichtes chemische Wirkung wirklich daher kommt, weil es in den Körpern, die es verschlucken, Wärme erregt. Vergl. des Graf v. Rumford's Unters. üb. die chem. Eigensch., welche man dem Licht zuzuschreiben habe in Crell's chem. A. 1799. I. 65. und 120. Schweigger (a. o. a. O. 233 fg.) zeigt, daß eine solche Annahme der so ganz verschiedenen Wirkungsart der einzelnen farbigen Lichter widerspreche, indem nach §. 149 die blauen Strahlen des Spectrums, die größte, die rothen die geringste Wirksamkeit zeigen, während das erwärmende Vermögen gerade entgegengesetzt sich verhalte (§. 179), von welchem Gesichtspuncte auch Berard (Gilb. n. A. XVI. 386) ausgegangen ist;

Digitized by Google

Schweigger erinnert ferner, daß nach § 173 Phosphorescenz durch Temperaturerhöhung eintrete; daß also in den Fällen, wo dunkle Wärme wie das Licht zu wirken scheine, die Wirkung in der That von einer (wenn auch nur schwachen) Lichtentwicklung abhängig seyn könne. — Es scheint allerdings unstatthaft, die Wirkung des Lichts von der in den Körpern erregten Wärme abzuleiten, schon deshalb, weil z. B. in demselben Augenblick (wie ich öfters zu bemerken Gelegenheit hatte), in welchem ein Lichtstrahl ein Gemeng aus Wasserstoff- und Chloringas trifft, die Explosion erfolgt; wo sich also nicht wohl annehmen läßt, daß in einer solchen unmeßbaren Geschwindigkeit eine Wärmeerregung sollte statt finden, von welcher die Wirkung abhängig seyn könnte. Auf der andern Seite läßt sich aber auch wieder einwenden, daß — auch zugegeben, es trete in allen den Fällen, wo die dunkle Wärme wie Licht wirkt, eine Phosphorescenz ein — doch niemals die durch Wärme hervorgerufene Phosphorescenz der Intensität des zerstreuten Tageslichtes gleich kommen und folglich noch weniger die Wirkung von diesem übertreffen könne; allein Gay-Lussac und Thenard haben gefunden, daß ein Stück Ziegelstein, 125 bis 1500 heiß, in ein Gemeng aus Chlorin- und Wasserstoffgas gebracht, eine Verpuffung bewirkt, während zerstreutes Tageslicht allein nie eine solche Wirkung hervorbringt. Man sieht hieraus, daß sich beiden Ansichten Gründe entgegensetzen lassen. Man würde sie jedoch, wie Berard a. v. a. O richtig bemerkt, weniger mit einander im Widerspruche finden, wenn man auf die große Verschiedenheit Rücksicht nähme, welche in den Resultaten eines und desselben Wirkungsmittels, je nachdem es unter verschiedenen Umständen wirkt, hervorgebracht werden können, und wenn man bedächte, daß Wirkungsmittel von ganz verschiedener Natur doch ganz identische Verbindungen veranlassen können.

Quellen des Lichtes.

§. 168.

Die Quellen des Lichtes sind: die Sonne (die unversiegbarste Quelle) und die Fixsterne, und mittelbar die Planeten und der Mond, ferner die chemische Mischung solcher-

Digitized by Google

Stoffe, welche eine große Verwandtschaft zu einander haben, (vorzugsweise der Verbrennungsproceß), selten die chemische Zersetzung, das Glühen, die Phosphorescenz durch Insolation, durch Temperaturerhöhung, und durch mechanische Gewalt (Druck, Reibung, Bruch) die Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten (der elektrische Funke).

§. 169.

Es ist hier zunächst nur von denjenigen Lichtquellen zu handeln, welche auf unserer Erde selbst angetroffen werden, obgleich es nicht unwahrscheinlich ist, daß alle diese Quellen aus der Urquelle alles Lichtes, aus der Sonne, unmittelbar oder mittelbar schöpfen.

§. 170.

Eine lange Zeit hindurch hielt man den Verbrennungsproceß, welchen wir unten näher kennen lernen werden, für den einzigen chemischen Proceß, welcher uns Licht liefern könne. Es ist erst eine Entdeckung der neuern Zeit, daß auch andere chemische Processe, vorzugsweise Mischungen, welche mit großer Heftigkeit erfolgen, und wo die sich mischenden Stoffe sehr verdichtet werden, und endlich auch gewisse Zerlegungen, aber freilich in bei weitem seltenern Fällen, Licht entwickeln.

Da, wie sich unten ergeben wird, die Verbrennung nichts anders als eine Vereinigung des Sauerstoffs mit brennbaren Körpern ist: so hielt man ehemals diesen Stoff für die einzig mögliche Bedingung aller Lichterscheinungen bei chemischen Processen. Es war daher eine Entdeckung, welche zu seiner Zeit vieles Aufsehen machte, daß keineswegs dieses der Fall sey. Die holländischen Chemiker Deiman, Paats-van-Troostwyk, Nieuwland, Bondt und Laurenburgh (Vers. üb. die Entzündung des Schwefels mit Metallen ohne Gegenwart von Lebensluft, in Crell's chem. Ann. 1793 II. 383) fanden nämlich, daß Schwefel mit Metallen, (besonders mit Kupfer) zusammengeschmolzen, im Moment der Vereinigung,

Digitized by Google

Licht geben, und daß diese Lichterscheinung eben so gut in Gasarten, welche keinen Sauerstoff enthalten, als in atmosph. Luft, ja sogar im luftverdünnten Raume, erfolge. Diese Versuche wurden wiederholt und größtentheils bestätigt von Richter (Ueb. die n. Gegenst. d. Chem. V. 106) Pfaff und Lentin (Gren's J. d. Phys. VIII. 280) Göttling (Almanach 1795. 23) Trommsdorff (J. der Pharm. II. 2. 99) Scherer (Gren's n. J. III. 2. 307, de Skt. Real und Maistre (Gehl. J. VI. 384) Vergl. Crell in s. Ann. 1793 II. 532 und van Mons (Gren's J. VIII. 284.) Es ist übrigens hier noch zu bemerken, daß schon Kunkel und späterhin Scheele diese Beobachtung machten, nur konnte sie erst besonderes Interesse gewähren, nachdem das antiphlogistische System Platz gegriffen hatte (Chem. Abhandl. von Luft und Feuer 2te Ausg. von Leonhardi 113.)

Hiemit war die Bahn gebrochen, und bald hierauf lernte man mehrere Körper kennen, welche während ihrer Vereinigung Licht entwickeln. So das Chlorin, welches freilich nach der ältern Ansicht, vermöge seines hypothetisch angenommenen Sauerstoffs wirkt.— Desgleichen das Jodin, der Phosphor, das Arsenik. Gehlen in Schw. J. XX. 353. — Auch höchst concentrirte Säuren und wasserfreie Basen geben häufig bei ihrer Vereinigung eine Lichterscheinung: Vitriolöl und ausgeglühte Magnesia; große Quantitäten Vitriolöl und Wasser. — Baryt im salzsauren Gas erhitzt, bringt ebenfalls eine Lichterscheinung hervor. — Auch zeigt sich häufig eine Lichterscheinung, wenn Kalk oder Baryt im Wasser gelöscht werden. eb. VI. 367. — Ebenso bei der Verbindung des Schwefelkohlenstoffs mit Kalk. eb. IX. 297; — des Baryumhyperoxyds mit Wasserstoff eb. II. 68. — Verschiedene Oele entzünden sich durch Salpetersäure und auch durch Schwefelsäure.

Besonders merkwürdig ist die Lichtentwicklung des Zirkonerdehydrats, des Eisenoxyds, des Chromoxyds, des Rhodiums, so wie einiger antimonigsauren und antimonsauren schweren Metalloxyde welche zuerst bis zum Verluste des Wassers und dann bis nahe zum Rothglühen erhitzt, lebhaft erglimmen, ohne eine weitere Gewichtsveränderung, aber eine bei weitem geringere Auflöslichkeit in verschiedenen Flüssigkeiten als zuvor, zeigen. — Eine ähnliche Erscheinung hat auch Berz. beim Glühen des eisenblausauren Ammoniaks, des Berlinerblau's, des eisenblausauren

Digitized by Google

Kupfers, der Cyanüren von Eisen und Calcium, Eisen und Blei bemerkt. Schw. J. XXX. 30. 48. 49. 50. Dahin gehört auch die schwache Lichterscheinung, welche ich beim Schmelzen der Boraxsäure in einem Platintiegel bemerkt habe. Vergl. Schw. J. VIII. 111. — Nach Berzelius sind diese Lichtentwicklungen eine Folge einer, in der Hitze eintretenden innigeren Mischung der Grundstoffe, so daß in den genannten Oxyden der Sauerstoff mit dem brennbaren Körper, in den genannten Salzen die Säure mit der Basis in innigere Verbindung tritt u. s. w. Vers. üb. d. Theorie d. chem. Prop. 70.

Folgende Zersetzungen sind mit Lichtentwicklung begleitet: die Zersetzung des Euchlorin's zwischen + 31° und + 40° — die Zersetzung des oxygenirten Wassers, des Chlorinstickstoffs und Jodinstickstoffs. — Die Zersetzung des Zinnobers durch Zinkfeile Schw. J. VII. 75. — Die Zersetzung des Zirkonerdehydrats eb. 514.

§. 171.

Als Folge eines chemischen Processes ist wahrscheinlich das Leuchten lebender Thiere und verschiedener thierischer Excretionen, so wie einiger lebender Pflanzen zu betrachten.

Nur die Thiere von der niedrigsten und einfachsten Organisation leuchten im Leben, und die meisten von ihnen sind Bewohner des Meeres. Unter ihnen nehmen die vorzüglichste Stelle ein die Infusorien: Leucophora echinoides, Trichoda triangularis, granulosa und echinoides, auch mehrere Arten von Gleba Noch auffallender zeigt sich diese Erscheinung bei mehreren größeren Infusorien der See, die aber noch wenig bestimmt sind. — Unter den Zoophyten ist vorzüglich die Pennatula phosphorea bekannt. — Sehr groß ist die Zahl der leuchtenden Mollusken; vorzüglich aus der Familie der Medusinen und der ihnen verwandten Salpen; von jenen merken wir besonders an: Beroë fulgens, (leuchtende Melonen-Qualle) micans und Brasiliensis, dann Medusa pellucens; von diesen, daß ohne Ausnahme ihre Eierstöcke leuchten. Unter den Annularien zeigt der Regenwurm (lumbricus terrestris) ein über den ganzen Körper verbreitetes Licht. Unter den Nereiden ist vorzüglich die Nereis phosphorans oder noctiluca Linn. berühmt; auch sollen mehrere Arten von

Digitized by Google

Wasserschlängelchen, z. B. Nais marina, leuchten. — Unter den Muscheln ist uns nur Pholas Dactylus als leuchtend bekannt. — Die auffallendsten Erscheinungen zeigen die Entomostraceen der See, aus den Gattungen Monoculus und Cyclops, deren mehrere vorzüglich im Larvenzustande diese Eigenschaft haben sollen. Hieher gehören besonders auch die Gattungen Nauplius und Amymone, welche ebenfalls für Larvenzustände der Entomostraceen gehalten werden. — Leuchtende Crustaceen sind vorzüglich Cancer fulgens und macrourus. — Unter den Insecten zeigen besonders die Familien der Tetraceren (Latreille) in Oniscus fulgens; dann der Tausendfüsse (Myriapoden) in der auch bei uns einheimischen Scolopendra flava und electrica, der Cicadarien in Fulgora laternaria und candelaria, deren leuchtende Eigenschaft jedoch neuerdings wieder in Zweifel gezogen worden ist); endlich der Käfer in den Gattungen Pausus, Lampyris und Elater, diese Eigenschaft. Eins der bekanntesten ist das Johanniswürmchen (Lampyris splendidula), das in beiden Geschlechtern leuchtet; dann Lampyris noctiluca, deren Männchen nur einen sehr schwachen Lichtschein von sich giebt. Beide, so wie die schwach leuchtende Lampyris hemiptera, sind bei uns in Deutschland einheimisch; in Italien findet sich die leuchtende Lampyris italica. Die leuchtenden Springkäfer (Elater) finden sich nur in wärmeren Climaten, am häufigsten im tropischen America, z. B. Elater ignitus und noctilucus. Auch die Larven des Telephorus fuscus (Latr.) und die einiger Laufkäfer-Arten sind leuchtend gefunden worden. — Aus der Reihe der höheren, gewirbelten Thierarten hat man nur noch die frischen Eier der Eidechsen (wie zuerst Schrank, im Naturforscher, Stück 23. Halle 1788 beobachtet hat) ja sogar auch die Hühnereier leuchtend gefunden.

Es verdient hier noch bemerkt zu werden, daß auch die Augen der Schmetterlinge, besonders der größeren Abend- und Nachtschmetterlinge, z. B. des Todtenkopfs (Sphinx Atropos), ferner die Augen der Katzen, Hyänen ꝛc. (nach Brugnatelli und Heinrich,) so stark leuchten, daß sie selbst umherliegende Gegenstände erhellen. Wahrscheinlich ist aber dieses Leuchten anderer Art.

Das Leuchten scheint bei vielen Landthieren von besondern Organen auszugehen. In der Lampyris strömt das Licht aus einigen der hinteren Ringe ihres Unterleibes. Das Licht der Springkäfer

Digitized by Google

(Elater) kommt aus leuchtenden Organen in dem Bruſtſchilde. Bei den Laternenträgern (Fulgora) geht das Licht von dem Rüſſel aus, welchen ſie am vordern Theil des Kopfes tragen, und welcher leer iſt, und mit der Luft communicirt. Bei dem Pausus sphaerocerus ſind die Kügelchen der Fühlhörner das leuchtende Organ. Bei allen übrigen ſcheint das Leuchten von der Gegenwart einer beſonderen flüſſigen Materie herzurühren. Dieß zeigt ſich beſonders auffallend bey der Bohrmuſchel (Pholas Dactylus), deren leuchtender Saft ſich auspreſſen und mit Waſſer, Oel, Milch zu leuchtenden Flüſſigkeiten vermiſchen läßt. Desgleichen an der Scolopendra, welche, wenn ſie z. B. auf der Hand kriecht, ihren Weg durch einen zurückgelaſſenen phosphoreſcirenden Schein bezeichnet, wie ich ſelbſt mehrmals bemerkt habe. Macartney iſt der Meinung, daß die leuchtende Flüſſigkeit in einigen Thieren nur auf gewiſſe Organe beſchränkt, in andern aber über die ganze Subſtanz verbreitet ſey. Tileſius widerſpricht dem Letzteren.

Ueber die Urſachen dieſes Phänomens hat man ſich noch nicht vereinigen können. Einige (Spallanzani, Heinrich und Tileſius) laſſen aus den leuchtenden Thieren eine eigenthümliche (tropfbare oder gasförmige) Flüſſigkeit ſich ausſcheiden, welche bei der gewöhnlichen Temperatur unter Lichtentwicklung ſich oxydiren ſoll. So führen Spallanzani und Forſter als Grund für dieſe Anſicht an, daß dieſe Thiere im Sauerſtoffgas ſtärker leuchten, im Waſſerſtoff- und Stickgas ihr Licht allmälig und im kohlenſauren Gas ſogleich verſchwinde, daß es ſich auch in der Kälte verliere, durch Erwärmung aber wieder anfache; letzteres beſtätigt auch Heinrich. Nach anderen (Carradori und Macartney) ſoll dieſes Leuchten eine Folge des Lebensacts ſeyn und das ſtärkere Leuchten im Sauerſtoffgas bloß von einer erhöhten Lebensthätigkeit herrühren. Dieß ſtimmt in ſo weit auch mit Tileſius überein, als nach ihm Anſtrengung und erhöhte Reſpiration die beſonderen Zuſtände ſind, in welchen dieſe Thiere leuchten. — Die meiſten Verſuche ſind mit den Johanniswürmchen angeſtellt worden. Mit Uebergehung der früheren von Heinrich und Macartney, heben wir hier bloß die vorzüglichſten Reſultate neuerer von Macaire angeſtellter Beobachtungen aus. Das Phosphoreſciren derſelben iſt ihrer Willkühr unterworfen. Geräuſch und Bewegung ſcheinen,

Digitized by Google

wenn auch nicht immer, doch oft das Leuchten zu unterbrechen; dagegen vermehrt es sich, wenn die Thiere durch leichte Stöße beunruhigt werden. Sie leuchten äusserst selten in der Nacht, wenn sie nicht vorher dem Tageslichte ausgesetzt gewesen waren. Ein gewisser Wärmegrad ist zu ihrer freiwilligen Phosphorescenz erforderlich; durch einen höhern wird das Leuchten erregt, durch eine, über eine bestimmte Gränze (45° bis 50°) erhöhte Temperatur aber unwiederbringlich zerstört. Die Phosphorescenz dauert fort, wenn gleich das Thier gestorben, so fern nur jene Grenze nicht überschritten wurde. Alles dieses zeigt sich unter den angegebenen Bedingungen, gleichviel ob das Thier im Wasser liegend oder an der Luft erwärmt worden; selbst bei todten, z. B. durch eine künstliche Kälte erstarrten, Thieren. Die Dauer des Leuchtens nach dem Tode erstreckt sich ohngefähr auf 2 bis 3 Tage. Durch Alkohol und Mineralsäuren geht die leuchtende Eigenschaft gänzlich verloren (im Oel nach Grotthuß schneller als im Wasser.) Im luftverdünnten Raume leuchten sie nicht, verlieren aber nicht ihre Leuchtkraft. Im Sauerstoffgas und oxydirtem Stickgas leuchten sie stärker als in atmosphärischer Luft. Im Chloringas verbreitet ein leuchtendes Insekt ein röthliches Licht, welches aber bald hierauf verlischt. Im Wasserstoff- kohlensauren- und Salpetergas verlischt das Leuchten nach Grotthuß und Macaire (nach letzterem auch in Kohlenwasserstoff- und schwefligsaurem Gas); kommt indeß nach Ersterem in atmosphärischer Luft wieder zum Vorschein, wenn das Insekt kurze Zeit nach dem Verlöschen aus jenen Gasarten herausgenommen wird. Aber selbst, wenn das Sauerstoffgas sich nicht mehr wirksam zeigt, läßt sich nach Grotthuß das Leuchten ohngefähr eine Minute lang wieder hervorrufen, wenn man das Insekt, sey es schon todt oder noch lebendig, in die rothen Dämpfe rauchender Salpetersäure bringt. Nach dem Verschwinden dieser Phosphorescenz giebt es aber kein Mittel mehr, sie wieder herzustellen. Die Volta'sche Säule erregt nach Macaire das Leuchten; nicht aber die gewöhnliche Elektricität. Derselbe fand, daß die leuchtende Substanz hauptsächlich aus Eiweiß besteht. S. unten in der Zoochemie Eiweißstoff. — Macartney setzte die leuchtende Materie einer Hitze aus, in welcher sich Phosphor entzündet haben würde, ohne daß das Leuchten stärker wurde. Brachte er zwischen meh-

Digitized by Google

rere Johanniswürmchen ein empfindliches Thermometer, so stieg dasselbe um mehrere Grade, aber nicht in Berührung mit den abgetrennten glänzenden Theilen des Unterleibes, wenn sie schon abgestorben waren. — Die Lampyris italica leuchtet nach Carradori auch in der Torricellischen Leere. — Das Leuchten einer Medusa lucida, welche sich in einem Löffel voll Meerwasser befand, nimmt mit dem Erwärmen zu, bis sie in zu heißem Wasser stirbt. Unter der Luftpumpe leuchtete sie, wie es schien, noch heller und länger als gewöhnlich. — Der einfache elektrische Funken zeigt keine Einwirkung, der verstärkte hingegen scheint wie eine starke mechanische Erschütterung zu wirken. Nach Macartney. — Daß das Licht der Scolopendra electrica nicht elektrischer Natur sey, davon habe ich mich durch eigene Versuche mittelst eines Condensators überzeugt.

Es scheint nicht, daß das Leuchten aller Thiere, welche diese Eigenschaft besitzen, aus einer und derselben Ursache sich erklären lasse. Zunächst findet gewiß ein wichtiger Unterschied zwischen See- und Landthieren statt; Tilesius hat bemerkt, daß jedes leuchtende Seethier zu leuchten aufhörte, so bald es aus dem Wasser herausgenommen oder matt geworden war. Wenn es erwiesen ist, daß bei vielen leuchtenden Thieren keine leuchtende Flüssigkeit sich ausscheidet, so findet bei diesen vielleicht ein wahres Phosphoreseiren (§. 162) statt, während bei den übrigen das Leuchten in einer wahren Oxydation der sich ausscheidenden Flüssigkeit bestehen mag. Hierher gehört auch das Leuchten des Meeres zur Nachtzeit, welches nach Tilesius bald wie ein matter Lichtschimmer oder ein gleichmäßig verbreiteter Milchglanz, bald wie einzelne Sterne, Feuerkugeln, Lichtkegel, feurige Ketten, Fäden und Bänder, bald wie einzelne kleine hervorsprühende Funken ꝛc. erscheint. Dieses Leuchten rührt nach ihm, vorzüglich von kleinen mikroskopischen Krebschen und Entomostraceen und auch von verschiedenen andern Thieren her. Filtrirt man Meerwasser, so bleibt das Leuchtende auf dem Filtrum und das durchgelaufene Wasser leuchtet nicht mehr. Vergl. Helbig in Gilb. n. A. XX. 126.

Brugnatelli und Carradori Gilb. A. IV. 441 und 442. Hulme üb. das Licht, welches verschiedene Körper von selbst mit einiger Fortdauer ausströmen. ebd. XII. 129. 292. Mitchill üb. das Leuchten des Seewassers eb. XII. 161. Spalanzani in d. Leipz. Samml. z. Physik und Naturgesch. IV. 289. Macartney Beob. üb. leuchtende Thiere in

Schw. J. X. 409 ff., in Gilb. nn. A. I. 1 ff. 113 ff. 142 ff. mit Anm. von Tilesius. Tilesius Unters. üb. das Leuchten des Meers eb. 36. ff. 161 ff. Tuckey üb. Leuchten des Meers mit Bemerk. von Tilesius eb. 317. ff. Heinrich a. v. a. O. 3te Abhandlg. S. 357 ff. Grotthuß in s. phys. chem. Forsch. I. 111. Macaire üb. die Phosphorescenz der Leuchtkäfer in Gilb. nn. A. X. 265. fg.

Man kennt auch einen Fall, wo der Schweiß eines Menschen leuchtete, so daß sich das Leuchten der Wäsche mittheilte; der Geruch dieses Schweißes war so, wie alter eingemachter Sauerkohl. Henkel in Crell's n. chem. Archiv II. 291. Auch sollen manchmal in Schweiß gerathene Pferde leuchten. Mehrere Fälle sind bekannt, wo der so eben gelassene menschliche Harn phosphorescirte. Guyton—Morveau in Gilb. n. A. XIX. 291. Driessen eb. XXIX. 262. Der Wundarzt Percy hat auch die Beobachtung gemacht, daß nicht selten die Wunden lebender Menschen phosphoresciren. Schw. u. M. nn. J. V. 228.

Endlich sollen auch einige gelbe Blumen, wie schon die Tochter Linne's bemerkt hat, manchmal nach Sonnenuntergang einen funkelnden Schein verbreiten: besonders Tropaeolum majus, Calendula off., Lilium bulbiferum ꝛc. Vergl. auch Gilbert's Beobachtung eines schönen smaragdgrünen Lichtes von kleinen Pflanzen, welche in einer alten Rösche auf dem Harz sich befanden. Dess. Ann. XXX. 242.

§. 172.

Das Leuchten der in Fäulniß übergehenden Pflanzen und Thiere ist ohne allen Zweifel die Folge eines chemischen Processes, (s. unten von den organischen Körpern). Das Leuchten der Thiere scheint von einem, während der beginnenden Fäulniß sich bildenden Schleim abzuhängen, und auf ähnliche Weise scheint sich auch das Leuchten faulender Pflanzen zu verhalten.

Im vorigen §. haben wir das Leuchten lebender Thiere und die damit verbundenen Erscheinungen kennen gelernt; hier betrachten wir zunächst das Leuchten todter und in Fäulniß übergehender thierischer Körper. — Während das Leuchten im lebenden Zustande

Digitized by Google

nur bei den unvollkommenen Thieren, welche keine eigentlichen Muskelfasern und Knochen haben, statt findet, zeigt sich das Leuchten im Tode auch bei den Thieren von höherer Organisation, (beim Schaaf-, Kalb-, Schweinefleisch ꝛc., jedoch selten) und selbst bei Menschen (bei Leichenöffnungen soll man manchmal ein Leuchten bemerken; hieher gehört auch das sogenannte Grablicht, welches manchmal beim Oeffnen von Gräbern gesehen wird). — Das Leuchten lebender Thiere scheint stets von bestimmten Theilen des Thieres auszugehen, und endigt sich mit dem Leben, oder dauert wenigstens nur kurze Zeit nach dem Tode fort. Das Leuchten todter Thiere verbreitet sich über alle weiche Theile und ist nicht so lebhaft als jenes. Stets geht das freiwillige Leuchten der eigentlichen Fäulniß voran, und jenes nimmt ab, wie diese wächst. Je leichter übrigens die thierische Substanz verfault, desto williger stellt sich die Phosphorescenz ein.

Das Leuchten der todten Seefische ist eines der bekanntesten Phänomene, wie selbst die eßbaren, zu uns durch den Handel kommenden, Fische zeigen: wie Schellfische, Stockfische, Heringe, Schollen, Salmen u. a. m. Die Süßwasserfische, so wie überhaupt das Fleisch solcher Thiere, welche nicht von selbst zum Leuchten kommen, werden durch Salz und schwache Salzauflösungen phosphorescirend.

Das Leuchten geht nicht von den festen, sondern von den flüssigen oder schleimigen Theilen des Thieres aus. Es schwitzt nach Dessaignes ein anfangs klarer, flüssiger Schleim aus, welcher zähe und trübe wird, und dann leuchtet. Mittelst dieses Schleims kann man Wasser, Milch ꝛc. auf einige Zeit leuchtend machen. Zum Leuchten ist die Gegenwart von atmosph. Luft oder Sauerstoffgas durchaus erforderlich; allein schon ein geringer Antheil hievon einem andern Gas beigemengt, oder die durch die Luftpumpe verdünnte Luft ist hinreichend, das Leuchten lange Zeit zu unterhalten. So hört auch nach Dessaignes das Leuchten im ausgekochten Wasser, bei abgehaltener Luft, auf, und fängt sogleich wieder an, wenn Luftblasen zutreten. Ein Aehnliches findet im Oel statt. Durch Austrocknen und gelindes Dörren phosphorescirender Substanzen kann man zwar das wirkliche Leuchten hemmen, aber die Fähigkeit hiezu erhält sich. Durch Auslaugen, durch starke Säuren und gesättigte Salzlösungen geht aber

Digitized by Google

das Leuchtungsvermögen gänzlich verloren. Durch niedrige, nur nicht unter den Gefrierpunct gehende, Temperatur, wird das freiwillige Leuchten, der Dauer nach, verlängert, der Intensität nach aber geschwächt; bei höherer Temperatur hingegen gewinnt das Licht an Helle, mit Verlust an Dauer. Ebenso verstärken und verkürzen Auflösungen verschiedener Salze das Leuchten. Nach Hulme soll sich während des Leuchtens keine Wärme entwickeln, nach Dessaignes aber Kohlensäure erzeugen.

Hinsichtlich des Leuchtens vegetabilischer Substanzen, ist es eine der bekanntesten und am häufigsten vorkommenden Erscheinungen, das Leuchten faulenden Holzes. Nach Heinrich sind alle Theile eines hartstämmigen Baumes des Leuchtens fähig. Die Phosphorescenz tritt vor der Fäulniß ein, dauert aber noch während derselben fort. Es ist hiezu ein gewisser Grad von Feuchtigkeit und Hemmung des freien Luftzuges erforderlich. Durch Austrocknen verliert das Holz diese Eigenschaft, durch mäßiges Anfeuchten erhält es dieselbe wieder. Hat das Leuchten einmal angefangen, so kann es in jeder Temperatur zwischen dem Gefrier- und Siedepunct des Wassers fortfahren. Siedendes Wasser vernichtet aber das Leuchten auf immer. Das Licht entwickelt sich aus den Säften und nicht aus der Faser des Holzes. Daseyn und Erneuerung der atmosph. Luft ist zum Leuchten durchaus erforderlich. Im Sauerstoffgas scheint das Leuchten nicht kräftiger zu erfolgen; in irrespirablen Gasarten hört es bald auf, kann aber manchmal durch Luft wieder hervorgerufen werden. Im Wasser, fetten Oelen und im Quecksilber hört es nach 6 bis 24 Stunden auf; schneller im Alkohol, Aether, ausgekochtem Oel, Kalkwasser, in verdünnten Säuren, Salzlösungen und wässrigen Schwefellebern; in Schwefelsäure augenblicklich. Concentrirte Kochsalz- Salpeter- und Salmiaklösungen bewirken anfangs ein stärkeres Leuchten. Nach Dessaignes wird beim Leuchten in der Luft und im Sauerstoffgas kohlensaures Gas erzeugt, und die aus faulendem Holze ausgepumpte Luft enthält wenig Sauerstoff- und viel kohlensaures Gas. Das Leuchten des Holzes ist übrigens die merkwürdigste aller Phosphorescenzen: es übertrifft selbst den Harnphosphorus.

Ausser dem Holze können auch verschiedene andere, und wie es scheint, die meisten vegetabilischen Substanzen zu einem gewissen Grade der Phosphorescenz gebracht werden, z. B. Kartoffeln,

Digitized by Google

(Gren's J. II. 429.) Melonen, Rüben- und Kohlarten, Zwiebeln, Beeren größerer Art, Kürbisse, Schwämme und vorzüglich alle mehlhaltige Früchte.

Auſſer den im vorig. §. citirten Abhandlungen, welche zum Theil auch diesen Gegenstand betreffen, sind noch anzumerken: Boyle in Crell's chem. Archiv. I. 14. Tychsen Verſ. mit verfaultem leucht. Holze ꝛc. in Crell's chem. Ann. 1797. I. 17. Spallanzani über die Phän. natürl. Phosph. ꝛc. in Gilb. A. I. 33. Carradori eb. 209. Gärtner über das Leuchten des faulen Holzes in Scher. J. III. 3. — C. W. Böckmann über das Leuchten des faulenden Holzes. eb. V. 3. — Heinrich von dem Leuchten vegetabil. u. animal. Subſt. ꝛc. in Schw. u. M. J. XXX. 218 fg. Vergl. das o. a. g. Werk von Heinrich. 3te Abhandlung.

§. 173.

Wenn feſte Körper bis zu einer gewiſſen Temperatur erhitzt werden können, ohne dadurch eine Zerſtörung zu erleiden, so kommen ſie in einen Zuſtand, wo ſie Licht ausſtrömen, das ſelbſt bei Tage ſichtbar iſt. Man nennt dieſen Zuſtand das Glühen, und die hiezu erforderliche Temperatur die Glühehitze. Aber ſchon bei einer weit niederen Temperatur kommen viele Körper zum Leuchten, welches indeß bloß im Dunkeln zu erkennen iſt. Alle diejenigen Subſtanzen, welche durch Inſolation leuchtend werden, erlangen auch durch Wirkung des Wärmeſtoffs Phosphorescenz, und noch mehrere andere.

Was das Glühen betrifft, so ſcheint es, daß alle feſten Körper, welche den erforderlichen Hitzgrad, ohne zerſetzt oder verflüchtigt zu werden, annehmen können, genau bei derſelben Temperatur zu glühen anfangen; mehrere (wie z. B. verſchiedene feuerbeſtändige Metalle) kommen indeß erſt im tropfbarflüſſigen Zuſtande zum Glühen. Der glühende Körper fährt fort, einige Zeit, und zwar in jedem Medium, zu leuchten, wenn er auch nicht mehr erhitzt wird; ſo wie aber ein ſtarker Luftſtrom von niederer Temperatur auf ihn ſtößt, ſo hört das Leuchten ſogleich auf. Auch können

Digitized by Google

Körper, welche selbst nicht glühen, andere, so bald sie nur dieselben auf die erforderliche Temperatur zu bringen im Stande sind, in's Glühen versetzen. Dahin scheinen die Luft- oder Gasarten zu gehören, welche nach Wedgewood's Versuchen selbst bei einer sehr gesteigerten Hitze nicht zum Glühen kommen. Phil. Transact. 1792.

Ueber die Temperatur, bei welcher Körper anfangen zu glühen, hat Newton Versuche angestellt. Nach ihm soll Eisen bei einer Temp. von 335° C. im Finstern eben anfangen, sichtbar zu werden, bei 400° leuchtet es stark im Dunkeln, beim vollen Tageslichte leuchtet es erst, wenn es über 538° erhitzt worden.

Ueber die, durch äussere Temperaturerhöhung bewirkte Phosphorescenz der Körper im Dunkeln, verdanken wir gleichfalls dem verdienstvollen Placidus Heinrich eine der ausführlichsten und vollständigsten Arbeiten. (S. a. o. a. O. Zweite Abhdlg. S. 133 fg., wo auch S. 281 u. fg. ein Auszug aus Dessaignes Abhdlg. von der Phosphorescenz durch Temperaturerhöhung sich befindet.) Heinrich fand, daß diese Eigenschaft besitzen: die meisten Arten kohlensauren Kalks, Gyps, Schwerspath, phosphorsaurer Kalk, Flußspath, verschiedene Versteinerungen, die meisten Edelsteine (unter den Diamanten auch diejenigen, welche durch Insolation nicht leuchtend werden, §. 162.), Bergkrystall, Kieselsteine, weißes Glas, verschiedene, theils einfache, theils zusammengesetzte Erden, die meisten zusammengesetzten Mineralien, verschiedene Salze und feste Säuren, die Feile der meisten Metalle, (auch Quecksilber scheint nach Dessaignes, nicht nach Heinrich, wenigstens ein augenblickliches Leuchten zu zeigen) sehr viele schwere Metalloxyde und Metalloxydhydrate, die brennbaren nicht metallischen Substanzen, so wie auch fette und ätherische Oele, Knochen, Schneckengehäuse, Elfenbein ꝛc. Nicht leuchten Körper, welche durch Erhitzen schmelzen oder verdampfen, z. B. Borax, Alaun, Salpeter, Salmiak, salpetersaurer Kalk ꝛc. Die Feuchtigkeit hindert die Phosphorescenz, daher leuchtet nicht Kali- und Natronhydrat; ebenso leuchten nicht alle nicht brennbare Liquida.

Um einen Körper durch Temperaturerhöhung leuchtend zu machen, ist es gleichviel, ob die Unterlage, auf welcher er erhitzt wird, ein guter oder schlechter Wärmeleiter ist; ja sogar durch kochendes

Digitized by Google

Wasser läßt sich's bewirken. Im Allgemeinen ist es einerlei, ob der Körper in ganzen Stücken oder in Pulverform erwärmt wird; nur daß in jenem Falle eine stärkere Hitze nöthig ist als in diesem. Hinsichtlich der Dauer des Leuchtens zeigt sich in beiden Fällen häufig eine kleine Verschiedenheit.

Für jeden Körper, welcher durch Erwärmung Phosphorescenz erlangt, giebt es ein Minimum der Temperatur, bei welchem das Leuchten eintritt; dieser Temperaturgrad ist aber nicht nur bei verschiedenen Körpern, sondern auch bei verschiedenen Individuen desselben Körpers verschieden. Körper, welche bei einer gewissen Temperatur zu leuchten aufhören, leuchten wieder bei höherer. Starke Hitze kann zwar ein augenblickliches sehr lebhaftes Leuchten bewirken, entzieht aber mehreren Körpern ihre Leuchtkraft. — Nach Grotthuß (Schw. J. XIV. 139) kann man beim Chlorophan und Canton's Phosphor, welche bei der gewöhnlichen Temperatur im Dunkeln zu leuchten aufgehört haben, durch die bloße Wärme der Hand oder des Hauchs Phosphorescenz bewirken; verschiedene Arten gewöhnlichen Flußspaths erfordern dagegen eine Wärme von 70° — 88°. Nach Heinrich leuchten alle die von ihm geprüften Erden und Steine wenigstens bei der Temperatur des kochenden Quecksilbers, wenn sie anders dazu geschickt sind; die meisten aber noch viel früher. Die Temperatur, bei welcher die Oele zu leuchten anfangen, beginnt mit dem Terpentinöl bei 85° und endigt mit dem Mandelöl bei 250°, dazwischen liegen die Fettarten.

Bei den unverbrennlichen Stoffen sind zweierlei Arten von Licht zu unterscheiden: ein augenblickliches mit Funken, und ein ruhig permanentes. Das Licht durch schwaches Verbrennen der brennbaren Körper gehört nicht hieher. Die Farbe des ausströmenden Lichts zeigt eine größere Mannichfaltigkeit, als bei der durch Insolation bewirkten Phosphorescenz, indem sie selbst bei einem und demselben Körper, nach Verschiedenheit der Nebenumstände, und besonders der angewandten Wärme, wechselt. Einige Körper geben weißes Licht, die übrigen durchlaufen die ganze Farbenreihe des Prisma's. Heinrich glaubt mit gewissen Einschränkungen annehmen zu können, daß, wenn Licht durch Temperaturerhöhung aus einem Körper entweicht, die weniger brechbaren Strahlen (§. 148.) früher als die mehr brechbaren austreten.

Digitized by Google

Phosphorescenz durch Insolation und durch Temperaturerhöhung stehen in einer sehr nahen Beziehung zu einander. Die besten natürlichen Lichtträger sind beiderseits dieselben Substanzen. Die Metalle leuchten durch Insolation gar nicht, durch Temperaturerhöhung gleichfalls nicht oder doch nur sehr schwach; auch die Metalloxyde und Metallsalze beiderseits sehr schwach oder gar nicht. Man kann durch dasselbe Verfahren beide Phosphorescenzen zerstören, und wieder herstellen. Feuchtigkeit hindert beiderseits das Leuchten. — Nach Dessaignes können Körper, welche kein anderes als chemisch gebundenes Wasser enthalten, durch Temperaturerhöhung sehr gut leuchtend werden, nicht aber durch Insolation. — Zu schwaches Licht, so wie zu schwache Wärme wirken nicht; ebenso schwächt condensirtes Licht und zu starke Hitze die Phosphorescenz. Beide Phosphorescenzen gehen in allen irrespirablen Gasarten so gut als im Sauerstoffgas vor sich. Nach Dessaignes leuchten die unorganischen Substanzen auch in der Torricellischen Leere, ebenso unter kochendem Wasser und Oele. Körper, welche durch Temperaturerhöhung nicht leuchtend werden, leuchten auch nicht durch Insolation; dieser Satz läßt sich aber nicht umkehren. Es ist daher jene Phosphorescenz ein viel allgemeiner verbreitetes Phänomen als diese.

Dessaignes unterscheidet zweierlei Arten von Phosphorescenz: erstens eine vom Sauerstoff unabhängige, die allen Körpern gemein ist, welche durch Erhitzung nicht zerstört werden; zweitens eine vom Sauerstoff abhängige, welche allen Substanzen des Pflanzen- und Thierreichs zukommt, und daher zum Verbrennungsprocesse zu zählen ist. Merkwürdig ist es, daß Körper ihre, z. B. durch starke Erhitzung, verlorne Phosphorescenz wieder erlangen, wenn Elektricität durch sie hindurchströmt. Dieß und mehrere andere Erfahrungen haben auch Dessaignes zu der Meinung veranlaßt, daß die Phosphorescenz überhaupt elektrischer Natur sey. Vergl. hiemit Grotthuß Erfahrungen a. v. a. O. 177—182. ebend. XV. 193 u. 194. Pfaff. eb. 275.

§. 174.

Die Lichterscheinung, welche Körper durch ein mechanisches Verfahren zeigen, ist ein sehr allgemein verbreitetes

Digitized by Google

Phänomen. Wir unterscheiden hier: 1) die durch Druck und Reibung ohne Bruch, 2) die durch Bruch, ohne Reibung und ohne merklichen Druck, und 3) die durch Druck und Bruch (Friction) zugleich hervorgebrachten Lichtentwicklungen. Dem mechanischen Verfahren durch bloßen Druck (1) sind alle Körper der drei verschiedenen Cohäsionsformen (§. 38.) unterworfen; die übrigen Fälle können bloß bei festen Körpern statt finden. Das Licht, welches sich beim Verdichten der Körper zeigt, können wir gleichsam als ein ausgepreßtes Licht betrachten; denn nach der Hypothese von der Verschiedenheit des Licht- und Wärmestoffs (§. 179.) müssen wir in jedem Körper eine gewisse Quantität von beiden im gebundenen Zustande annehmen; wird nun aber der Körper verdichtet, d. h. in einen kleineren Raum zusammengepreßt, so kann er nicht mehr dieselbe Menge beider Imponderabilien gebunden halten; es wird daher mehr oder weniger davon, je nachdem die Verdichtung mehr oder weniger weit getrieben worden war, in Freiheit gesetzt, und es erscheint uns also freies Licht und freie Wärme. Nach der Hypothese von der Identität des Licht- und Wärmestoffs ist die Erklärung dieselbe, nur daß in diesem Falle ein imponderabler Stoff in Freiheit gesetzt wird, und uns als Licht und Wärme zugleich erscheint. — Wenn das mechanische Verfahren von der Art ist, daß dabei eine innere Temperaturerhöhung statt findet, so gehört die dadurch bewirkte Phosphorescenz zu der durch äussere Temperaturerhöhung (§. 173.), und sie bietet deshalb nichts besonderes dar. Am schwierigsten zu erklären ist aber die Phosphorescenz durch Bruch und Trennung der Masse, ohne Temperaturerhöhung, welche nach Heinrich's Versuchen unter den Fossilien und Salzen ziemlich häufig vorkömmt. Denn hieran hat weder Insolation (§. 162.), noch äussere oder innere Erwärmung (§. 173.), noch ein chemischer Proceß (§. 163 ff.), noch Druck und Reiben Antheil.

Digitized by Google

Lichtentwicklung durch Druck und Reibung ohne Bruch.

Aus allen Körpern, welche einer Verdichtung fähig sind, läßt sich Wärme und Licht entwickeln.

Die Luftarten zeigen durch rasches Zusammendrücken eine augenblickliche (häufig sogar beim Tageslichte bemerkbare) Lichterscheinung; die Farbe des Lichts ist gewöhnlich röthlich, und neigt sich abwechselnd in's weiße oder gelbe; das Licht ist stets mit fühlbarer Wärme begleitet, und zwar mit der meisten beim Zusammendrücken brennbarer Gasarten. Gilb. A. XVIII. 230. 407. XX. 99. XXV. 118. XXX. 268. Hieher gehört auch das sogenannte Windbüchsenlicht, welches sehr wahrscheinlich ebenfalls von einer Verdichtung der äussern Luft, durch die mit großer Gewalt ausfahrende comprimirte Luft, herrührt. (Vergl. Gilb. A. VIII. 336. XI. 344. Anm. XII. 611. XVII. 23. Auch Voigt's Mag. IV. 827.) — Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit, welche in einen sehr verdünnten Luftraum mit großer Heftigkeit eindringt, zeigt häufig eine Lichterscheinung, wie z. B. beim Zerspringen eines ausgepumpten Recipienten der Luftpumpe (Gren's J. VIII. 20), welches ohne Zweifel dieselbe Ursache hat, indem auch hier durch den gewaltsamen Einsturz der Luft eine augenblickliche Verdichtung statt findet. — Häufige Lichtentwicklung beim Springen der Glastropfen. — Hieher gehören auch höchst wahrscheinlich die im §. 1.0. als eine Folge von Zersetzungen zusammengesetzter Körper angeführten Lichterscheinungen; denn wenn eine Zersetzung, wie dort, von der Art ist, daß plötzlich eine Entwicklung eines gasförmigen Körpers aus einem festen oder liquiden statt hat, so muß die umgebende atmosph. Luft eine augenblickliche Verdichtung erleiden, wovon die Folge eine Lichterscheinung ist. So sind demnach die, die Detonationen begleitenden Lichterscheinungen hauptsächlich dieser Ursache zuzuschreiben.

Auch tropfbare Flüssigkeiten, als Wasser, wässrige Salzlösungen, Weingeist, fette und ätherische Oele, Essig, leuchten augenblicklich durch Zusammendrücken. Die Farbe des Lichts wechselt mit der Flüssigkeit und mit der Stärke des Stoßes; bei Wasser ist sie gelblich. Der Versuch läßt sich mit demselben Wasser mehrmals wiederholen. Wahrscheinlich rührt auch das Leuchten der, an

Digitized by Google

ein schnell segelndes Schiff anschlagenden Wellen, welches mehrere Seefahrer bemerkt haben, von dem Zusammendrücken des Wassers (wenigstens zum Theil) her.

Anhaltendes Reiben mit Druck bewirkt bei allen festen Körpern eine Temperaturerhöhung, welche bei unbrennbaren Körpern bis zum Glühen, bei brennbaren bis zur Entzündung steigen kann, wenn Druck und Geschwindigkeit der Reibung einen hohen Grad erreichen. Manchmal ist das Leuchten im Finstern von dieser Ursache abhängig, also eine Phosphorescenz durch Temperaturerhöhung. Unter den unzählig vielen Beispielen, die sich hiefür anführen ließen, wollen wir bloß an das bekannte Mittel, sich durch Reiben harter Körper an einander, Feuer zu verschaffen, erinnern: ein Mittel, das wohl so alt und ausgebreitet als das Menschengeschlecht ist. — Metalle werden durch bloßen Druck (z. B. durch Hämmern) ohne Reibung nur warm, ohne Licht auszuströmen; es sey denn, daß durch anhaltendes Hämmern und Reiben mit dem Hammer das Metall zum Glühen gebracht werde. — Die Versuche, welche man mit pulverförmigen Körpern des Mineralreichs angestellt hat, berechtigen zu dem Schluß, daß das Leuchten aller dieser Pulver durch Druck und Stoß (durch innere Temperaturerhöhung) dieselben Gesetze befolge, wie ihr Leuchten durch das gewöhnliche Erhitzen (durch äußere Temperaturerhöhung), wobei jedoch zu erinnern ist, daß das Leuchten pulverförmiger Körper auch zum Theil von der eingemengten, und zugleich mit comprimirten Luft abhängen könne. — Manchmal erfolgende Entzündung der Kohle in den Pulvermühlen beim Zermalmen.

Lichtentwicklung durch Bruch, ohne Reibung und ohne merklichen Druck.

Durch Brechen und Spalten scheinen nach Heinrich's Untersuchungen nur solche Fossilien Licht zu geben, welche außer einem merklichen Grade von Sprödigkeit, zugleich eine krystallinische Structur haben, und regelmäßige Bruchstücke liefern: so der Flußspath, Adular, glasige Tremolith, Bergkrystall in Gruppen, Rosenquarz, russischer Glimmer. Kein Licht geben: Holz, Knochen, Korallen, Muscheln der Schaalthiere u. dergl., beim Spalten oder Brechen. Fossilien leuchten nicht unter dem Hammer und unter der Keule eines geräumigen Mörsers, wenn sie nicht schon durch sanftes

Digitized by Google

Spalten und Brechen ein Licht geben: so blieben z. B. unter dem Hammer einer Kupferschmelze, Kalkspath, Schwerspath, Thonerde, Talk, Blutstein und Cementkupfer dunkel; der Flußspath hingegen, und mehrere Steine des Kieselgeschlechts zeigten ein mehr oder minder helles Licht. Im Mörser verhielten sie sich ebenso; nur darf man sie nicht im Raume beschränken. — Nach Heinrich leuchten auch unter günstigen Umständen alle natürliche Salzsteine und alle künstliche Salzkrystalle, entweder durch Bruch, oder durch Collision, oder durch Reiben; da indeß bei Salzkrystallen die Cohäsion sehr gering, mithin auch der Druck von geringer Wirkung ist, so kann man dieses Leuchten ohne Ausnahme zur Phosphorescenz durch Bruch rechnen. — Hieher gehört auch das bekannte Leuchten des Mellis- und Candiszuckers, durch Reiben und Bruch, oder bloß durch letzteren; welches nach Heinrich auch unter der Luftpumpe statt findet.

Es verdient hier einer besondern Erwähnung das merkwürdige Leuchten des schwefelsauren Kali beim Krystallisiren, welches wahrscheinlich Pickel (Göttling's Taschenb. 1787. 42) zuerst, und nachher auch Andere (eb. 1788. 42 u. 1791. 54) beobachtet haben, und welches, wie es scheint, fast bloß diesem Salze zukömmt. Giobert (Gren's J. II. 437) beschäftigte sich ganz besonders mit dieser Erscheinung, und fand, daß das beim Krystallisiren dieses Salzes sich entwickelnde Licht, wenn es sich verlor, sogleich bei der mindesten Reibung der Krystalle, wenn man z. B. mit einem Stäbchen über die Spitzen der Krystalle wegfuhr, wieder erschien. Er fand ferner, daß der Stoff des Gefäßes, worin die Salzlösung enthalten, keinen Einfluß habe; dagegen einige Feuchtigkeit den Krystallen, zur Hervorbringung des Leuchtens, nöthig sey. Auch das Sonnenlicht zeigte einen besondern Einfluß, indem bis zum ersten Krystallhäutchen abgedampfte Salzlösungen am schönsten im Dunkeln leuchteten, wenn sie dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen waren, während in ganz verschlossenen Gefäßen sich gar kein Licht zeigte.

Lichtentwicklung durch Druck und Bruch zugleich.

Endlich das Leuchten durch Reiben (nicht Schlagen) gleichartiger Substanzen an einander, durch bloße Muskelkraft der Arme, ohne Anwendung von Maschinen, wobei kein Leuchten durch Temperaturerhöhung zu erwarten (einige Körper leuchten schon durch Streichen

Digitized by Google

mit einer Schreibfeder) ist ein sehr allgemeines Phänomen, indem es durch das gesammte Reich der Fossilien, mit Ausnahme der weichen Talkerden, sich erstreckt. Vor allem zeichnet sich das Kieselgeschlecht aus, hierauf folgt das Thon- dann Kalkgeschlecht. Die Güte der Phosphorescenz hängt übrigens, nach Heinrich, vom Bau, Gefüge und von der Aggregatform der Massentheile der Fossilien ab, unabhängig von der Härte. Bei ganz gleichartigen Substanzen wächst das Licht mit der Sprödigkeit, der Rauheit ihrer Oberflächen, der Stärke des Drucks, und der Geschwindigkeit des Hin- und Herfahrens. Das umgebende Mittel zeigt keinen Einfluß; dagegen dessen Temperatur, so wie die der geriebenen Substanz. Das durch Reiben gleichartiger Substanzen erregte Licht beschränkt sich auf die Zeit der Friction und auf die Berührungsflächen. Die Farbe des Lichts scheint nicht nur von der Natur und Farbe der geriebenen Substanz, sondern auch von der Stärke des Drucks, und von vielen andern Nebenumständen abzuhängen: eine schwache Reibung giebt nur einen mattweißen Schimmer, welcher mit dem Drucke wächst, und beim Bergkrystall bis zum blendenden, in's goldgelbe spielenden Glanz übergehen kann; bei weißem Glase wird er feuerroth. Das Frictionslicht wird durch das Prisma zerlegt. Die geriebenen Körper (wahrscheinlich alle feste) verbreiten während des Reibens einen, je nach der Natur der geriebenen Körper verschiedenen, Geruch. Es findet übrigens ein großer Unterschied statt, je nachdem entweder brennbare oder unbrennbare Körper gerieben werden. In jenem Falle ist die nächste Ursache des Frictionslichts die durch Druck und Reibung in ihnen erregte Wärme, und es besteht also in einem wahren Verbrennen, das nur an Intensität verschieden ist; daher auch ein solches Leuchten nur in einer athembaren Luft statt finden kann. — Das Feuermachen der Alten durch Reiben zweyer Hölzer ꝛc. In diesem Falle ist die durch Reiben erregte Wärme nicht die wahre Ursache des Frictionslichts. — So ist z. B. das Licht, welches durch Schlagen des Stahls am Kieselstein erhalten wird, doppelter Art: die vom Feuerstein abspringenden Stückchen leuchten, die des Stahls verbrennen; unter der Luftpumpe bleiben die Feuerfunken des Stahls aus, und bloß der Feuerstein verbreitet noch Licht. (Vergl. Davy in Gilb. A. VI. 110.) Die nächste Veranlassung des durch mäßiges Reiben erdiger Fossilien erzeugten

Lichts ist das Abspringen der vorragenden Flächentheile, wodurch ein vervielfältigter Bruch und, wie es scheint, eine anfangende Zersetzung (Vergl. Gilb. A. IX. 31. XXX. 54 fg. und Schw. J. VIII. 123) entsteht. Aber auch die durch Reiben erregte Elektricität (s. unten im dritten Kap.) hat ihren Antheil an dieser Erscheinung.

Tessaignes über die Phosphorescenz der Körper durch den Stoß in Schw. J. VIII. 70; durch Compression, eb. 115.; auch Gilb. n. A. VII. 238. — Heinrich's a. m. O. a. Werk, 4te Abhdlg. von der durch mechanisches Verfahren, oder durch Druck, Bruch und Reibung bewirkten Phosphorescenz. Nürnb. 1820; enthält auch sehr vollständig das Geschichtliche.

§. 175.

Endlich nehmen wir stets eine Lichterscheinung wahr, wenn die beiden Elektricitäten sich vereinigen; dahin gehört nun auch die Lichterscheinung des Blitzes und wahrscheinlich aller übrigen feurigen Meteore. Hievon wird im dritten Kapitel von der Elektricität mit mehrerem die Rede seyn.

Zweytes Kapitel.

Wärme.

§. 176.

Wärme in subjectiver Bedeutung ist die allgemein bekannte Empfindung, welche durch's Gefühl in uns entsteht. In objectiver Bedeutung bezeichnen wir damit den Zustand der Körper, worin sie unserm Gefühle, bei der Berührung die genannte Empfindung verursachen. Endlich begreift man noch häufig unter diesem Namen dasjenige Etwas, welches wir als physische Ursache jenes Gefühls und jenes Zustandes der Körper betrachten, in welcher Beziehung indeß jetzt die Benennung Wärmestoff gewöhnlicher ist.

Digitized by Google

§. 177.

Der Wärmestoff wirkt bloß auf den Sinn des Gefühls, obgleich er, wie sich in der Folge ergeben wird, in den Körpern Veränderungen hervorbringen kann, welche auch durch andere Sinne wahrgenommen werden. Er zeigt unter den Imponderabilien am kräftigsten das Bestreben nach gleichmäßiger Verbreitung, in dem mit ponderabler Materie erfüllten Raume.

§. 178.

Da nach §. 9. der Wärmestoff nicht selbstständig im Raume besteht, so kann eine größere oder geringere Anhäufung desselben nur in dem, mit Materie erfüllten Raume, statt finden. Eine starke Anhäufung des Wärmestoffs nennen wir aber Hitze; eine geringere, laue Wärme, Kühle, Kälte ꝛc. Dunkle Wärme bezeichnet den an einem Körper ohne, und Glühehitze (Vergl. §. 173.) Rothglühehitze, Weißglühehitze) den mit Lichtentwicklung, sich offenbarenden Wärmestoff.

Schon Rumford (Gilb. A. V. 289. 301) hat gezeigt, daß sich der Wärmestoff in der Torricellischen Leere mit größerer Schwierigkeit fortpflanze, als in der Luft; allein die Versuche, woraus er dieß folgerte, lassen noch einige Zweifel übrig. Neuerdings fand Gay-Lussac, (Ann. de chim. et phys. XIII. 301) daß weder eine schnelle Erweiterung noch Verengung eines Raumes, welcher eine Torricellische Leere bildet, die mindeste Temperaturveränderung (Vergl. unten §. 226.) nach sich ziehe. Der Wärmestoff kann daher, wie dieser Chemiker folgert, nicht auf gleiche Weise im leeren Raume verbreitet seyn, als wie in ponderabler Materie: eine unendlich kleine Quantität, welche den leeren Raum als strahlende Wärme (§. 184 u. 185.) durchdringt, und welche nicht mehr durch unsere Wärmemesser angezeigt werden kann, bringt ihn augenblicklich zum Maximum der Intensität. (Vergl. Muncke in Schw. J. XXV. 21 u. XXX. 208). — Auch hieraus ergiebt sich, was schon an mehreren Orten bemerkt worden, daß (wenigstens für unsere Beobachtung) die Imponderabilien nicht selbstständig im Raume bestehen können; obgleich ein Verbreiten derselben durch den leeren Raum keineswegs abgeläugnet werden kann.

Digitized by Google

Verhältniß der Wärme zum Lichte.

§. 179.

Der Wärmestoff steht in einem sehr auffallenden Verhältnisse zum Lichte. Da wo sich dieses offenbart, zeigt sich häufig auch jener und umgekehrt. Ja es finden manchmal Fälle statt, wo der eine dieser beiden unwägbaren Stoffe aus dem andern hervorzugehen scheint. Dieß hat denn auch mehrere Naturforscher veranlaßt, Licht und Wärme für identische, nur in der Erscheinung sich verschieden zeigende, Stoffe zu halten. Wenn nicht zu läugnen ist, daß allerdings mehrere Erscheinungen für diese Hypothese sprechen, so lassen sich doch auch einige anführen, welche damit nicht vereinbar sind. Man mag sich übrigens für diese oder jene Hypothese erklären, so muß man doch so viel als gewiß einräumen, daß Licht und Wärme in einem sehr nahen Verhältnisse zu einander stehen.

Es ist hier der Ort, alle Erscheinungen anzuführen, welche für die Identität oder Verschiedenheit des Lichts und der Wärme sprechen.

Für die Identität spricht: Viele Körper, welche Licht mehr oder weniger verschlucken, erleiden keine andere Veränderung als bloße Erwärmung: je mehr ein Körper Sonnenlicht verschluckt, desto mehr erwärmt er sich. Vergl. jedoch oben §. 163 ff. — Viele Körper bis zu einem gewissen Grade erwärmt, werden glühend, (§. 173.) d. i. sie verbreiten Licht.

Für die Verschiedenheit spricht: Das Licht verbreitet sich mit einer unvergleichbar großen Geschwindigkeit, die Wärme nur sehr langsam; welches indeß bloß von der Verbreitung durch Mittheilung gilt. — Die Verbreitung des Lichts erfolgt nur durch die durchsichtigen Körper, (§. 143.) die der Wärme erstreckt sich durch alle Körper. — Das leuchtende und erwärmende Vermögen der Strahlen des Farbenspectrums richtet sich nach ganz verschiedenen Gesetzen: in der Mitte desselben ist nach §. 149. das Vermögen zu leuchten am größten, und nimmt nach beiden Enden zu ab; das erwärmende Vermögen nimmt hingegen beständig vom violetten Lichte an zu, und ist am Ende des rothen am größten. So verhält

Digitized by Google

sich das erwärmende Vermögen der violetten zu den grünen und rothen Strahlen wie 10 : 15 : 35. Herschel in Gilb. Ann. VII. 137 fg. — Selbst das concentrirteste Mondlicht erwärmt nicht. Es könnte aber seyn, daß die erregte Wärme nur so gering wäre, daß auch die empfindlichsten Wärmemesser nicht davon afficirt würden. — Das Licht bringt, wie oben (§. 163. ff.) dargethan worden, chemische Veränderungen hervor, wobei indeß Gay-Lussac's und Thenard's Erfahrungen (§. 167.) zu berücksichtigen sind.

Für einen stufenweis fortschreitenden Uebergang zwischen Wärme und Licht spricht Delaroche's Erfahrung (Gilb. n. A. XVI. 378), daß die Strahlen der dunkeln Wärme (§. 178.), schwer durch Glas dringen, wenn sie aus einem Körper ausströmen, dessen Temperatur unter der Siedhitze des Wassers ist; dagegen desto leichter, je höher die Temperatur des ausstrahlenden Körpers ist, und je mehr sie sich dem Zustande nähert, in welchem dieser leuchtend wird. Auch sind nach ihm die Strahlen des Wärmestoffs, welche schon durch eine Glasplatte hindurchgegangen sind, verhältnißmäßig geeigneter, durch eine zweite hindurch zu gehen.

Es können hier die weiteren Versuche Herschels (Gilb. A. VII. 143 fg. und X. 68. fg. oder Herschels Untersuch. üb. die Nat. der Sonnenstrahlen. Aus dem Engl. von Harding, Celle 1801) über die unsichtbaren Wärmestrahlen nicht übergangen werden, da sie mehrere Untersuchungen verschiedener Physiker über diesen Gegenstand veranlaßt haben, deren Ausfall bedeutenden Einfluß auf das wechselseitige Verhältniß, in dem Licht und Wärme zu einander stehen, hat. Nach diesen Versuchen soll es nämlich jenseits der rothen Strahlen noch unsichtbare Strahlen geben, welche also minder brechbar als alle übrigen wären, und welche das Vermögen zu erwärmen im höchsten Grade besitzen sollen. Dagegen am andern Ende des Farbenspectrums über die äußerste Grenze des Violetts hinaus soll sich nicht die mindeste Erwärmung zeigen. Nach Herschel giebt es daher neben dem Farbenspectrum (§. 147) auch ein Wärmespectrum, und der ganze Raum, den die gebrochenen Wärmestrahlen einnehmen, soll sich zur Ausdehnung des Lichtspectrums wie 7: 4 verhalten. Diesen Versuchen zu Folge müßte, wegen der geringeren Brechbarkeit der Wärmestrahlen, der Wärmefocus etwas weiter hinter einem

Digitized by Google

Brennglase liegen als der Lichtfocus, welches auch Herschel durch einen directen Versuch, den er jedoch selbst einen ungenauen nennt, zu beweisen sucht. Nach Wollaston soll der Wärmefocus etwa um $\frac{1}{12}$ seiner ganzen Entfernung vom Glase weiter wegfallen als der Lichtfocus. — Leslie (a. a. O. X. 94) konnte mittelst seines empfindlichen Differentialthermometers über den rothen Rand hinaus nicht die mindeste Erwärmung wahrnehmen. Gleichfalls nicht Wünsch (Gehl. J. VI. 597 fg.). Dagegen Ritter eb. 633 und Göthe eb. 719. Vergl. auch Böckmann in d. Vorrede zu s. Preisschrift: Versuche über die Erwärmung der Körper durch die Sonnenstrahlen. Karlsruhe 1811. Englefield hat Herschel's Behauptungen vollkommen bestätigt (Gilb. Ann. XII. 39). Vergl. Karsten's Auszug aus Herschel's u. a. angestellten Untersuchungen. Scher. J. VII. 663. Dagegen fand Berard (Gilb. n. A. XVI. S. 382) das Maximum der Wärme im äussersten Rande des rothen Lichts. Den Grund dieser widersprechenden Angaben entdeckte Seebeck (Ueber die ungleiche Erregung der Wärme im prismatischen Sonnenbilde, in den Abhandl. der phys. Klasse d. K. P. Ak. d. W. aus den Jahren 1818 — 19 S. 305 fg.) Er fand nämlich, daß der Stoff, aus welchem das Prisma gefertigt ist, Einfluß auf die Resultate habe. So fällt z. B. der wärmste Punct jenseits des Roths, wenn das Prisma aus englischem Flintglas besteht, in das Roth selbst aber, wenn es aus Crown- oder gewöhnlichem weißem Glase verfertigt ist. Ueberhaupt aber zeigte er, daß die Grenzen des Farbenspectrums nicht bloß, wie gewöhnlich angenommen wird, auf die Grenzen der lebhafteren Farben, wo diese mit etwas schwächer gefärbten Franzen endigen, beschränkt seyen, sondern daß das Sonnenlicht sich weiter, und mindestens bis dahin erstrecken müsse, wo die größte Wirkung statt findet, wenn gleich dort mit bloßem Auge keine, oder doch nur eine höchst schwache Farbe wahrgenommen werden sollte.

Faßt man alles zusammen, was oben §. 149. §. 161 und in diesem §. angeführt worden, und wendet man es an auf die Hypothese, das Sonnenlicht bestehe aus drei verschiedenen Substanzen, von denen die eine (sichtbares) Licht, die zweite Wärme, die dritte chemische

Digitized by Google

Wirkung hervorbringe, so muß man das Spectrum (§. 147) gleichsam als aus drei verschiedenen, über einander liegenden Spectris, nämlich aus einem Lichtspectrum, Wärmespectrum und chemischen Spectrum, zusammengesetzt betrachten. Nach der Vorstellung hingegen, das Licht bestehe aus verschieden-brechbaren, und folglich von den Körpern verschieden-anziehbaren Strahlen, welchen auch eine verschieden erwärmende und chemische Kraft eigen ist, kann man annehmen, die Fähigkeit zu erwärmen und chemisch zu wirken, sey in der ganzen Ausdehnung des Spectrums ebenso verschieden, wie die Brechbarkeit, nur nach andern Functionen: so daß die wärmende Kraft ihr Minimum an dem violetten Ende und ihr Maximum ohngefähr in dem rothen Ende des Spectrums, die durch eine andere Function ausgedrückte chemische Kraft dagegen ihr Minimum in dem Rande des Roth und ihr Maximum im Rande des Violett, oder selbst ein wenig über diesen Rand hinaus, habe. S. Berard a. o. a. O. 388. — Nach dieser letzteren Ansicht wird also die Gegenwart von besonderen Wärmestrahlen, welche uns die Sonne neben den Lichtstrahlen zusenden soll, geläugnet, und in der That, die oben angeführten Versuche Seebeck's, daß der Stoff, woraus das Prisma gefertigt ist, die Stelle des wärmsten Punctes im Spectrum bestimme, scheinen zu Gunsten dieser Hypothese zu sprechen; wenigstens würden diese Versuche beweisen, daß der Stoff des Prisma's einen andern Einfluß auf die Brechung der Wärmestrahlen, als auf die Brechung der Lichtstrahlen ausübe.

Verhalten des Wärmestoffs zu den Körpern.

180.

Es ist hier zunächst davon zu handeln, auf welche Weise der Wärmestoff, der in irgend einem Körper sich befindet, zu andern gelangen könne, welche mit jenem in unmittelbarer oder mittelbarer Berührung stehen. Dann sind zu betrachten die Veränderungen, welche der Wärmestoff in gleichstoffigen Körpern, je nachdem er sich mehr oder weniger in ihnen anhäuft, her-

Digitized by Google

vorbringt, und endlich die relativen Quantitäten und die verschiedenen Zustände desselben in verschiedenartigen Körpern.

Fortpflanzung des Wärmestoffs.

§. 181.

Je nach dem verschiedenen Cohäsionszustande der Körper, ist die Fortpflanzung des Wärmestoffs sehr verschiedener Art.

§. 182.

Wenn der Wärmestoff in einem Theile eines festen Körpers mehr als in andern angehäuft ist, so verbreitet er sich in dem ganzen Körper ganz gleichmäßig durch Leitung. Man nennt in dieser Beziehung den Körper einen Wärmeleiter, und diejenigen gute Wärmeleiter, in welchen der Wärmestoff in der kürzesten Zeit geleitet wird; schlechte Wärmeleiter oder Nichtleiter dagegen diejenigen, in welchen diese Leitung längere Zeit erfordert. Im Allgemeinen sind die dichtesten Körper die besten Wärmeleiter, wovon jedoch das Platin eine merkwürdige Ausnahme macht, welches das dichteste aller Metalle, und doch unter ihnen der am wenigsten gute Wärmeleiter ist. Berühren einander zwei ungleichartige *) feste Körper, wovon in dem einen mehr Wärmestoff als in dem andern angehäuft ist, so erfolgt die Verbreitung desselben durch Mittheilung, und zwar schnell, wenn der gute Wärmeleiter Wärmestoff von dem schlechten empfängt, langsam dagegen im umgekehrten Falle. Im Allgemeinen kann man setzen: die guten Wärmeleiter nehmen den Wärmestoff schnell auf und lassen ihn auch wieder schnell fahren; die schlechten hingegen nehmen ihn

*) Zwei gleichartige sich berührende Körper verhalten sich eben so wie ein Körper derselben Art.

Digitized by Google

langsam auf, behalten ihn aber auch länger zurück. Stets erfolgt aber in kürzerer oder längerer Zeit eine ganz gleichmäßige Verbreitung. In allen den berührten Fällen ist indeß stets vorausgesetzt, daß die Menge des Wärmestoffs, welche ein fester Körper von dem andern empfängt, nie so viel betrage, daß eine Veränderung der Cohäsionsform erfolgen könne.

Die besten Wärmeleiter sind unter den festen Körpern die Metalle; die schlechtesten die erdigen Stoffe: Asche, Kohle, Holz, Papier, Wolle, Pelzwerk, Leinwand, Stroh, Federn, Haare, Seide ꝛc. — Nach Despretz (Ann. de chim. et de phys. XIX. 134. vergl. VI. 184.) neueren Versuchen folgen die nach benannten Stoffe, hinsichtlich ihrer abnehmenden Leitungsfähigkeit, in folgender Ordnung: Kupfer, Eisen, Zink, Zinn, Blei, Marmor, Procellan, Ziegelsteine. Die Leitungsfähigkeit des Kupfers verhält sich zu der des Eisens wie 12 : 5; die des Eisens, Zinks und Zinns ist sich so ziemlich gleich; die des Blei's ist kaum halb so groß als die des Eisens; die des Marmors beträgt nur 1/16 von der des Eisens, ist aber zweimal so groß als die des Porcellans und der Ziegelsteine, welche beide fast gleiches Leitungsvermögen besitzen. —

Es ist merkwürdig, daß in den Metallen gewöhnlich erst dann eine gleichmäßige Verheilung des Wärmestoffs erfolgt, wenn man sie durch einige Schläge erschüttert. Daher pflegen die Fuhrleute in heftiger Kälte einige Male mit dem Hammer auf die Achsen ihrer Wagen zu schlagen, ehe sie solche in Bewegung setzen, um dadurch das spröde gewordene Eisen vor dem Zerbrechen zu sichern. (s. Schw. und Mein. J. III. 184.)

§. 183.

Auch die Theilchen einer tropfbaren Flüssigkeit theilen einander den Wärmestoff, obgleich nur sehr schwierig, mit. Es sind aber hier die Umstände verschieden, je nachdem die Flüssigkeit den Wärmestoff von unten oder von oben empfängt. Im ersteren Falle nämlich steigen die Theile der Flüssigkeit,

Digitized by Google

wegen ihrer leichten Beweglichkeit alsbald in die Höhe, wenn sie Wärmestoff empfangen haben, und dadurch specifisch leichter geworden sind, machen kälteren Platz; und dieses wiederholt sich so oft, bis der Wärmestoff in der Flüssigkeit ganz gleichmäßig verbreitet ist. Daher geschieht es, daß in diesem Falle die Leitung des Wärmestoffs sehr schnell erfolgt. Im andern Falle hingegen, wo die Flüssigkeit den Wärmestoff von oben erhält, ist eine bei weitem längere Zeit zur gleichmäßigen Vertheilung desselben erforderlich.

Daher werden Flüssigkeiten in Gefäßen weit leichter von unten als von oben erwärmt. — Daher kommt es, daß Aether, welchen man auf Wasser gießt, worin etwas unter dem Wasserspiegel eine Thermometerkugel sich befindet, und solchen anzündet, erst nach einiger Zeit das Thermometer zum Steigen bringt.

§. 184.

Was von den tropfbaren Flüssigkeiten gilt, gilt im Allgemeinen auch von den gasförmigen; nur mit dem Unterschiede, daß hier noch eine dritte Art der Fortpflanzung des Wärmestoffs statt finden kann. Wenn nämlich ein fester Körper, oder ein liquider in einem festen eingeschlossen, wärmer ist, als die ihn umgebende Luft, so erfolgt die Verbreitung des Wärmestoff's am wenigsten (und um so weniger je verdünnter die Luft ist) durch Mittheilung, mehr durch Fortführung mittelst der den warmen Körper umgebenden Lufttheilchen, hauptsächlich aber durch Strahlung, wie zuerst Scheele gezeigt hat. Es verbreiten sich nämlich Wärmestrahlen, gleichwie die Lichtstrahlen (§. 145) von dem warmen Körper aus nach allen Seiten hin, (nach Leslie jedoch in der auf der Oberfläche des ausstrahlenden Körpers senkrechten Richtung am häufigsten) in geraden Richtungen, mit einer so großen Geschwindigkeit, daß diese Fortpflanzung uns augenblicklich erscheint. Diese strahlende Wärme theilt sich der Luft, durch welche sie geht, gar nicht, oder doch nur sehr wenig mit; wird aber durch feste Körper in ihrem Wege auf-

Digitized by Google

gehalten, und von einigen, besonders von Metallen *) (Metallspiegeln) wie das Licht reflectirt (§. 150), von andern aber, besonders von Glas, verschluckt; diese erhitzen sich daher schneller durch ihre Einwirkung als jene.

Die strahlende Wärme empfindet man z. B., wenn man in einem Zimmer so steht, daß das Feuer im Ofen oder Kamin gesehen werden kann, und verschwindet sogleich, wenn man sich so stellt, daß dasselbe nicht mehr zu sehen ist, oder wenn man die Thür zumacht, oder auch eine Glasplatte vor das Gesicht hält (Wirkung der Ofenschirme). — Ueberhaupt die Wärme, welche ein geheizter Stubenofen im Zimmer verbreitet, verbreitet sich größtentheils durch Strahlung. — Eine heiße, aber nicht mehr glühende Kugel zwischen zwei parallel stehenden, metallenen Hohlspiegeln, in dem Brennpuncte des einen aufgehangen, sendet Wärmestrahlen auf denselben, welche sich nach den Eigenschaften der Hohlspiegel wie die Lichtstrahlen in dem Brennpuncte des andern vereinigen und dort ein Thermometer zum Steigen bringen. — Kältestrahlen giebt es nicht, sondern kältere Körper, z. B. ein Stück Eis, in den Brennpunct des einen Hohlspiegels gebracht, lassen weniger Wärmestoff fahren, als sie von ihren wärmeren Umgebungen empfangen; daher die entgegengesetzte Wirkung.

Berard fand (Gilb. n. A. XVI. 384) daß die unsichtbaren Theilchen der Wärmestrahlen durch die Zurückwerfung genau eben so modificirt werden als die Theilchen, welche das Licht ausmachen.

Unter den Körpern findet nicht nur, hinsichtlich ihres ausstrahlenden Vermögens, ein bedeutender Unterschied statt, sondern auch die Verschiedenheit der Oberfläche eines und desselben Körpers hat großen Einfluß auf die Menge des ausstrahlenden Wärmestoffs: je glatter sie ist, desto weniger, und je rauher sie ist, desto mehr Wärmestoff strahlt aus. Auch vermindert die Verdünnung der umgebenden Luft das ausstrahlende Vermögen der Oberflächen um etwas. Dulong und Petit haben übrigens in Beziehung auf die bloße Erkaltung fester oder liquider Körper in der Luft oder in andern Gasarten (abgesehen von der Ausstrahlung) gefunden, daß

*) Leslie hat gefunden, daß selbst ein Goldblättchen von 1/300000 Zoll Dicke, obgleich das Licht durch dasselbe hindurchgeht, das Fortschreiten der strahlenden Wärme vollständig hemmt.

Digitized by Google

weder die Oberfläche eines erkaltenden Körpers die Menge des Wärmeverlusts bestimme, noch auch die Dichtigkeit und Temperatur der Gasarten (von welcher chemischer Beschaffenheit sie auch seyn mögen) die Erkaltung ändere, sofern nur nicht dadurch der Druck verändert wird. Das Erkaltungsvermögen einer Luft hängt folglich bloß von ihrer Elasticität und von den Temperaturüberschüssen des erkaltenden Körpers ab.

§. 184, b.

Aus den vorigen §. §. ergiebt sich, daß sowohl tropfbare als gasförmige Flüssigkeiten sehr schlechte Wärmeleiter sind; daß sie aber eine ziemlich schnelle Verbreitung des Wärmestoffs gestatten, indem sie ihn fortführen. Wird daher diese Fortführung beschränkt, wie z. B. in einer eingeschlossenen Luftsäule, so zeigt sich ihre schlechte Leitungsfähigkeit.

Die Wirkung der doppelten Fenster eines Zimmers hängt von der, zwischen ihnen eingeschlossenen Luftsäule ab, welche den Wärmestoff nur sehr langsam nach aussen ableitet.

§. 185.

Endlich im leeren Raume kann der Wärmestoff gar nicht mehr geleitet werden, er zerstreut sich daher in demselben gänzlich auf dem Wege der Strahlung. Die Erkaltung eines Körpers im leeren Raume wird demnach um so langsamer erfolgen, je mehr sich der Raum dem absolut leeren nähert.

Dulong und Petit leiteten aus ihren Untersuchungen (a. u. a. O. 340 und 343) folgendes Gesetz für die Erkaltungsgeschwindigkeiten eines Körpers, in einer leeren und auf einer beständigen Temperatur erhaltenen Umgebung, ab: Wenn nämlich die Temperaturüberschüsse des erkaltenden Körpers über die Temperatur der Umgebung eine arithmetische Reihe darstellen, so bilden die Erkaltungsgeschwindigkeiten Glieder einer geometrischen Reihe, vermindert um eine beständige Zahl. Wäre es möglich, die ab-

Digitized by Google

solute Erkaltung im leeren Raume, oder die Wärmeverluste eines Körpers ohne allen Ersatz von der Umgebung, zu beobachten, so würde bei einer in arithmetischer Reihe wachsenden Temperatur die Erkaltungsgeschwindigkeit unaufgehalten in geometrischer Reihe fortschreiten. In diesem gedachten, aber unmöglichen Falle würde dieses, von Newton und Richmann zuerst aufgestellte, Gesetz richtig seyn.

* * *

Scheele chem. Abhdlg von Luft u. Feuer. 2te Ausg. von Leonhardi. Lpzg. 1782. S. 57 fg. — Pictets Versuche über das Feuer. Tübing. 1790. Cap. 3. — Leslie Inquiry into the nature of heat. 1804. — Mayer über das wärmeleitende Vermögen der Körper in Gren's J. III. 19. — Gr. von Rumford über Fortpflanzung der Wärme ꝛc. in Gren's n. J. IV. 418., Gilb. A. I. 214. 323. 436. II. 249 (auch III. 309) XVII. 222 über strahlende Wärme. XVII. 213. Gegen Rumford: De Luc eb. I. 464. Socquet VI. 407. Thomson XIV. 129. Murray eb. 158. Dalton eb. 181. Parrot eb. XVII. 257. — Böckmann Vers. über die Wärmeleitung verschied. Körper. Carlsr. 1812. — Ruhland über ein neues Wärmegesetz, die Temp. der Körper an der Oberfläche betreffend, in Schw. J. VII. 432. — Delaroche sur le calorique rayonnant, in J. de phys. LXXV. 201. — Fourier sur la chaleur rayonnante, in Ann. de chim. et phys. IV. 128 u. VI. 259. — Dulong und Petit über die Gesetze der Erkaltung in Schw. J. XXV. 325 fg.

Ausdehnung der Körper durch den Wärmestoff.

§. 186.

Eine allgemeine Wirkung des Wärmestoffs, welcher alle irdischen Körper unterworfen sind, ist Ausdehnung. Der Grad dieser Ausdehnung ist aber bei den Körpern von verschiedenen Cohäsionsformen sehr verschieden; ja er zeigt sich

Digitized by Google

wieder vielfach verschieden bei den Körpern, die zur festen, und bei denen, die zur tropfbarflüssigen Cohäsionsform gehören; dahingegen alle gasförmige Substanzen ganz gleichmäßig ausgedehnt werden (§. 191.).

Die Zusammenziehung verschiedener Körper (oder eigentlich Körperhaufen) in der Hitze (das Schwinden) steht damit nicht im Widerspruch, indem aus solchen Körpern in der Hitze andere (meistens Wasser) entweichen, wodurch die Theile von jenen sich nähern, obgleich sie an sich ausgedehnt werden. S. jedoch dagegen Davy in Schw. J. VIII. 337.

§. 187.

Diese ausdehnende Wirkung des Wärmestoffs erfolgt mit großer Kraft, und nichts, selbst nicht die stärkste Cohäsionskraft, noch der stärkste mechanische Druck vermag ihr, besonders bei hohen Graden der Erhitzung, zu widerstehen. Dieß gilt vorzüglich von den gasförmigen und von denjenigen tropfbaren oder festen Körpern, welche in höherer Temperatur in den gasförmigen Zustand (§. 208.) übergehen können.

§. 188.

Die Kenntniß der Ausdehnung eines Körpers für bestimmte Temperaturgrade (§. 194.) ist in vielen Fällen von großer Wichtigkeit. Daher folgen hier Tafeln, welche die genauesten, bis jetzt zu Tage geförderten Resultate enthalten. Hinsichtlich der festen Körper ist zu unterscheiden: 1) die lineare Ausdehnung, d. h. die bloß nach einer Dimension, der der Länge; 2) die Flächen-Ausdehnung, d. h. die nach Länge und Breite, 3) die räumliche Ausdehnung, d. h. die nach allen drei Dimensionen genommene. Bei den flüssigen Körpern findet gar keine solche Unterscheidung statt, indem bei diesen stets nur die räumliche Ausdehnung in Betracht kommen kann.

Bei den festen Körpern müssen wir jene Unterscheidung machen, weil sich der Grad ihrer Ausdehnung mit Zuverlässigkeit nur nach

Digitized by Google

einer Dimension bestimmen läßt, und in vielen Fällen auch die Kenntniß der linearen Ausdehnung eines Körpers hinreicht. Hieraus läßt sich aber leicht die Flächen- und räumliche Ausdehnung ableiten. Wenn nämlich die Seite eines Würfels = 1 gesetzt wird, und d die Ausdehnung dieser Seite bei einer bestimmten Temperaturerhöhung bezeichnet, so ist der Raum des Würfels, der zuvor 1 war, in dieser höheren Temperatur $(1+d)^3 = 1 + 3d + 3d^2 + d^3$, wofür man $1 + 3d$ nehmen darf, da die lineare Ausdehnung der festen Körper durch Wärme stets eine so kleine Größe ist, daß die höheren Potenzen derselben verschwinden. Man kann demnach für die räumliche Ausdehnung der festen Körper die dreifache der linearen, und auf gleiche Weise für die Flächenausdehnung die zweifache der linearen annehmen.

§. 189.

Lineare Ausdehnung verschiedener fester Körper beim Erhitzen vom Frost- bis zum Siedepuncte des Wassers.

	in Decimalbrüchen	in gem. Brüchen	
Englisches Flintglas . . .	0,00081166	$\frac{1}{1243}$	Lav. u. Lapl.
Französisches Glas mit Blei	0,00087199	$\frac{1}{1247}$	" "
Glasröhren ohne Blei *) .	0,00089694	$\frac{1}{1115}$	" "
Steingut	0,00083000	$\frac{1}{1200}$	Dalton
Braune Fayence	0,00010000	$\frac{1}{2400}$	" .
Platin nach Borda **) . .	0,00085655	$\frac{1}{1167}$	Lav. u. Lapl.
Palladium	0,0010000	$\frac{1}{1000}$	Wollaston.
Nicht gehärteter Stahl ***)	0,00107915	$\frac{1}{927}$	Lav. u. Lapl.
Gußeisen, ein Prisma . .	0,00111000	$\frac{1}{901}$	Roy.
Weiches geschmiedetes Eisen	0,00122045	$\frac{1}{819}$	Lav. u. Lapl.
Weiches zu Draht gezogenes Eisen †)	0,00123504	$\frac{1}{812}$	" "
Gehärteter Stahl ††) gelber, angelassen bei 65° Wärme	0,00123956	$\frac{1}{807}$	" "

Digitized by Google

	in Decimalbrüchen	in gem. Brüchen	
Antimon (eisenhaltiges) . .	0,00108333	$\frac{1}{923}$	Smeaton.
Wismuth	0,00139167	$\frac{1}{719}$	" "
Fein gebranntes Gold . .	0,00146606	$\frac{1}{682}$	Lav. u. Lapl.
Kupfer a)	0,00171733	$\frac{1}{582}$	" "
Mössing b)	0,00187821	$\frac{1}{532}$	" "
Kapellensilber c)	0,00190974	$\frac{1}{524}$	" "
Malaccaer Zinn	0,00193765	$\frac{1}{516}$	" "
Englisches Zinn d) . . .	0,00217298	$\frac{1}{462}$	" "
Blei e)	0,00284836	$\frac{1}{351}$	" "
Zink, gegossenes	0,00294167	$\frac{1}{340}$	Smeaton.
" durch Hämmern um $\frac{1}{12}$ verlängert	0,00310833	$\frac{1}{322}$	" "

*) Nach Smeaton Glasröhren von weißem Glas 0, 00083333 oder $\frac{1}{1175}$; nach Roy 0, 00077550 oder $\frac{1}{1289}$, und ein Glasstab 0, 00080833 oder $\frac{1}{1237}$

**) Nach Troughton 0, 0009918 oder $\frac{1}{1008}$

***) Nach Smeaton 0, 00115000 oder $\frac{1}{870}$

†) Nach Troughton Eisendraht 0, 0014401 oder $\frac{1}{694}$

††) Nach Smeaton 0, 00122500 oder $\frac{1}{816}$

a) Nach Smeaton geschlagenes 0, 00170000 oder $\frac{1}{588}$

Nach Troughton 0, 0019188 oder $\frac{1}{521}$

b) Nach Smeaton gegossenes 0, 00187500 oder $\frac{1}{533}$

Digitized by Google

Mössingdraht 0,00193337 oder $\frac{1}{517}$. Nach Roy Mössing aus Hamburg 0,00185550 oder $\frac{1}{539}$, englisches Mössing in Stäben 0,00189296 oder $\frac{1}{528}$

c) Nach Troughton 0,0020826 oder $\frac{1}{480}$

d) Nach Smeaton feines Zinn 0,00228333 oder $\frac{1}{438}$, in Körnern 0,00248333 oder $\frac{1}{403}$

e) Nach Smeaton 0,00286667 oder $\frac{1}{349}$

Gilb. n. A. XVIII. 281. fg. auch Schw. J. XXV. 355.

§. 190.

Räumliche Ausdehnung verschiedener tropfbarer Flüssigkeiten beim Erhitzen von 0° bis 100° C. nach Dalton*)

Wasser	0,0466	$\frac{1}{22}$
Wasser mit Kochsalz gesättigt . .	0,0500	$\frac{1}{20}$
Schwefelsäure und Salzsäure . .	0,0600	$\frac{1}{17}$
Aether und Terpenthinöl . . .	0,0700	$\frac{1}{14}$
Fette Oele	0,0800	$\frac{1}{12}$
Salpetersäure und Alkohol . .	0,1100	$\frac{1}{8}$
Queckſilber nach Lavoiſier und Laplace**)	0,01847746	$\frac{1}{54}$

*) Deſſ. neues Syſtem in d. Ueb. B. 1. S. 52.

**) Nach Cavendiſh 0,01887, Haellſtröm 0,01818, Schuburgh 0,01801, De Luc 0,01786, Roy 0,01695, Dalton 0,0200, Petit und Dulong 0,01800.

Digitized by Google

§. 191.

Die räumliche Ausdehnung der gasförmigen Körper beim Erhitzen von 0° bis 100° C. und vorzugsweise die der atmosphärischen Luft vom Eis- bis zum Siedepuncte haben mehrere Physiker bestimmt. Die Angaben von Lambert, Kramp, Mayer, Luz, Schmidt, Gay—Lussac, Muncke u. a. stimmen so ziemlich mit einander überein, indem dieselben zwischen die engen Grenzen 0,3724 und 0,3835 fallen, wenn man das Volumen der Luft beim Eispunkte = 1 setzt. Gay—Lussac *) hat ausserdem dargethan, daß alle Gasarten, gleichviel von welcher Dichtigkeit sie seyen, und wie viel Wassergas (§. 209.) sie enthalten, und so auch alle unbeständige Gasarten (Dünste, Dämpfe) durch gleiche Grade von Wärme um gleichviel ausgedehnt werden, wenn Druck und Expansivkraft dieselben bleiben **) Dalton ***) kam zwar gleichzeitig mit Gay—Lussac zu demselben Resultat; allein die Ausdehnung der Luft setzt er zu hoch. Man nimmt sie jetzt allgemein zu 0,375 oder 3/8 an, und diese Annahme kommt auch der Wahrheit wohl am nächsten.

Theilt man das Thermometer (§. 193.) vom Eis- bis zum Siedepunct des Wassers in 100 Grade, so beträgt die Ausdehnung für jeden solchen Grad $0{,}00375 = \frac{1}{266{,}6}$ . . Es verhalten sich demnach die Volumina (§. 5.) derselben Menge Luft, bei m und n Graden gemessen, zu einander wie

$$1 + \frac{m}{266{,}6} : 1 + \frac{n}{266{,}6}$$

oder wie:

$$266{,}6 + m \; : \; 266{,}6 + n.$$

*) Gilb. A. XII. 282 u. XXV. 395 u. 401. Vergl. hiemit XII. 396. XIV. 266. XV. 45 u. XXV. 394. 400. 414.

**) Neuerdings haben Dulong und Petit (a. u. a. O. 305) dieß auch durch die Ausdehnung des Wasserstoffgases und der atmosph. Luft in sehr hohen Temperaturen bestätigt.

***) Ebend. XII. 315.

Digitized by Google

§. 192.

Das Gesetz Gay—Lussac's und Dalton's (§. 191.) setzt voraus, daß den Gasarten in ihrer Ausdehnung keine Beschränkung entgegentritt. Werden sie aber in feste Körper eingesperrt, so daß ihr Volumen sich nicht verändern kann, so nimmt ihre expansive Elasticität (§. 7.) oder Expansivkraft in gleichem Verhältnisse mit der Temperatur zu; abgesehen davon, daß bei einer sehr gesteigerten Zunahme der Expansivkraft, die Cohäsion des sperrenden festen Körpers nach §. 187. stets überwunden wird.

§. 193.

Die Eigenschaft des Wärmestoffs, die Körper auszudehnen, hat man benutzt, die Temperaturen (§. 194.) der Körper, d. h. ihre verschiedenen Grade der Erwärmung zu bestimmen, und die hiezu eingerichteten Instrumente, Wärmemesser, Thermoscope, Thermometer, Pyrometer, so wie die hiezu angewandten Körper thermometrische Substanzen genannt. Da aber die wenigsten Körper bei allen Temperaturen durch gleiche Zusätze von Wärmestoff um gleichviel ausgedehnt werden, so eignen sich nur wenige Körper zu solchen thermometrischen Substanzen.

Von der Einrichtung und Verfertigung der Thermometer mündlich. Hier nur die Bemerkung, daß gewöhnlich der Grad der Ausdehnung der thermometrischen Substanz beim Eis- und Siedepuncte zu festen Puncten dient, und der Unterschied von beiden der Fundamentalabstand genannt wird. Dieser Abstand wird nach Reaumur in 80 gleiche Theile (Grade), oder nach der französischen Scale, welche mit der schwedischen übereinkommt, in 100 Th. getheilt. Die gleiche Eintheilung setzt man unter dem Gefrier- und über dem Siedepuncte des Wassers fort: die Grade unter 0 (Gefrierpunct) werden durch —, und die über 0 durch + bezeichnet.

Alle Temperaturbestimmungen in diesem Lehrbuche beziehen sich auf diese hunderttheilige Scale.

Nach Dulong und Petit (Schw. J. XXV. 304 fg.) sind die luftförmigen Körper die einzigen, deren Ausdehnungen bei der

Digitized by Google

niedrigsten und höchsten Temperatur den Wärme-Quantitäten proportional sind; hingegen die liquiden und festen dehnen sich ungleich aus. Den luftförmigen Substanzen kommt noch am nächsten das Quecksilber; denn das Quecksilberthermometer harmonirt fast ganz zwischen — 36° und + 100° mit dem Luftthermometer; aber in höheren Temperaturen geben beide ungleiche Resultate, wie folgendes Täfelchen zeigt.

Quecksilberthermometer	Luftthermometer
— 36°	— 36°
0	0
+ 100°	+ 100
150°	148,70
200°	197,05
250°	245,05
300°	292,70
360°	350,00

(Siedepunkt des Quecksilbers.)

Man ersieht hieraus, daß das Quecksilber in höheren Temperaturen vorauseilt, welches von seiner größeren Ausdehnung in höheren als wie in niederen Temp. herrührt. Dulong und Petit geben ferner an, daß in derselben Temperatur, welche das Luftthermometer zu 300° angiebt, das Platin 311,° 6 das Kupfer 328,° 8, das Glas 352,° 9 und das Eisen 372,° 6 anzeigen würden, wenn man aus diesen Stoffen Thermometer verfertigen wollte, deren Scalen in gleichem Verhältnisse der Ausdehnung fortschreiteten.

Da die Entdeckung Gay-Lussac's u. Dalton's (§. 191.) die Unabhängigkeit der Wirkung des Wärmestoffs auf die luftförmigen Körper von ihrer chemischen und mechanischen Beschaffenheit darthut, so können wir diese Einwirkung als eine reine Kraftäußerung des Wärmestoffs, und mithin als das eigentlichste Maaß der Wärme, betrachten. Erwägt man auch, daß die kleinsten Theile eines luftförmigen Körpers eine nicht merkliche Anziehung auf einander ausüben (§. 41.), (wie solches bei denen der festen und liquiden Körper in einem beträchtlichen Grade der Fall ist), so wird auf den Wärmestoff der Lufttheilchen (§. 210.) die frei durchstrahlende Wärme allein wirken, und deren Intensität wird also durch den Grad der Ausdehnung angezeigt werden. Da ferner

Digitized by Google

eine beständige Gasart (§. 209.) alle Temperaturen annehmen kann, welche wir nur hervorzubringen vermögen, ohne eine andere Veränderung, als Ausdehnung oder Vermehrung ihrer Expansivkraft zu erleiden, so ergiebt sich hieraus, daß man durch die Luft alle Temperaturen würde bestimmen können, wenn sich nur eine bequeme Art, sie für diesen Behuf anzuwenden, erdenken ließe.

Da das Verhältniß der Ausdehnung luftförmiger Körper nach §. 192. zugleich das Verhältniß der Zunahme der Expansivkraft ausdrückt, wenn sich das Volumen der Luft nicht verändert, so verhält sich nach §. 191. die Zunahme der Expansivkraft vom Eis- bis zum Siedepuncte zu der beim Eispuncte wie 0,375 : 1 = 3 : 8, d. h. wenn der Fundamentalabstand (§. 193. Anm.) nur in 3 Theile getheilt würde, so müßte beim Siedepuncte 11 stehen. In der unten §. 118. mitgetheilten Tafel der Expansivkräfte des Wassergases für die verschiedenen Temperaturen, drückt die zweite Spalte die Expansivkräfte der Luft für die gleichen Temperaturen aus, wenn man diese Expansivkraft bei 0°, = 80 setzt.

Bestimmung der Menge des in den Körpern enthaltenen Wärmestoffs.

§. 194.

Der Wärmestoff behält so lange die Fähigkeit, auf unser Gefühl und auf das Thermometer zu wirken, als seine Wirkung sich bloß darauf beschränkt, die Körper, ohne Veränderung der Cohäsionsform, auszudehnen: in diesem Zustande heißt er freie, fühlbare, empfindbare, thermometrische Wärme. Körper haben gleiche Wärmegrade, (gleiche Temperaturen) wenn sie gleiche Veränderungen am Thermometer hervorbringen. Die Quantitäten Wärmestoff aber, welche erforderlich sind, um verschiedene Körper in gleiche Temperaturen zu versetzen, sind vielfach verschieden. Diese ungleiche Quantität Wärmestoff, welche Körper bei gleichen Temperaturen enthalten, heißt ihre Wärmecapacität oder eigenthümliche, specifische Wärme.

Digitized by Google

Um die specifische Wärme eines Körpers im Verhältnisse zu der eines andern zu bestimmen, haben die Physiker verschiedene Wege eingeschlagen. 1) Werden zwei ungleichartige, nicht chemisch auf einander wirkende, Körper von verschiedenen Temperaturen, in Berührung gebracht, so nehmen beide nach kürzerer oder längerer Zeit eine gleiche Temperatur an. Indem nun jeder von beiden seine anfängliche Temperatur mehr oder weniger ändert, giebt diese Aenderung ein Maaß für die specifische Wärme ab: es verhalten sich nämlich die spec. Wärmen umgekehrt wie die Aenderungen der Temperaturen. Wendet man stets einen Körper (Wasser) an, und taucht in denselben die erhitzten Körper, so erhält man die spec. Wärmen derselben im Verhältnisse zu der jenes Körpers, welche als Einheit gesetzt wird. Wenn z. B. erhitztes Queckſilber in Wasser getaucht, seine Temp. um 33° ändert, während die Temp. des Wassers nur um 1° sich ändert, so verhält sich die spec. Wärme des Wassers zu der des Queckſilbers wie 1 : 0,0303. Dieser Methode bedienten sich Wilke, Crawford, Kirwan, Dalton und Dulong und Petit. 2) Der Methode, die specif. Wärme aus den verschiedenen Mengen Eis zu bestimmen, welche verschiedene Körper von gleicher Temperatur schmelzen können, haben sich Lavoisier und Laplace vermittelst ihres Calorimeters bedient. — 3) Man bestimmt die Zeiträume, in welchen verschiedene Körper von gleicher Temperatur und unter übrigens gleichen Umständen, bis zu gleicher Temperatur, abkühlen; denn Körper kühlen sich in einem gegebenen Medium desto langsamer ab, je größer ihre spec. Wärme ist, und umgekehrt. Hiebei ist indeß das ausstrahlende Vermögen (§. 184.) der Oberfläche in Rechnung zu bringen. Dieser Methode bedienten sich Mayer, Leslie, Böckmann und Despretz. Die Wärmecapacität eines und desselben Körpers wächst aber mit seiner Temperatur, wie Dulong und Petit durch genaue Versuche dargethan haben: so giebt ein Körper, bei einer Erkaltung von 300° bis auf 0° mehr als dreimal so viel Wärme ab, als wenn er von 100° bis auf 0° erkaltet.

Digitized by Google

Die eben genannten Chemiker fanden für nachbenannte Stoffe die Wärmecapacitäten zwischen 0° u. 100°, zwischen 0° u. 300°.

Eisen	0,1098	0,1218
Kupfer	0,0949	0,1013
Zink	0,0927	0,1015
Silber	0,0559	0,0611
Antimon	0,0507	0,0549
Platin	0,0335	0,0355
Queckſilber	0,0330	0,0350
Glas	0,177	0,190

Die Wärmecapacitäten feſter Körper verhalten ſich hiernach wie ihre Ausdehnungen (die Temperaturen nach dem Luftthermometer, §. 193., gemeſſen.) Der Einfluß der Ausdehnungen auf die Wärmecapacitäten darf demnach nicht überſehen werden, zumal da gerade die Metalle, deren Ausdehnung die größte iſt, auch eine größere Aenderung der Wärmecapacitäten zeigen.

Die merkwürdige Thatſache, daß verſchiedene Körper, bei gleichen Temperaturen, ungleiche Quantitäten Wärmeſtoff enthalten, führt zu der Annahme, daß, gleichwie zwiſchen den wägbaren Stoffen, auch zwiſchen dieſen und dem Wärmeſtoffe verſchiedene Grade der Verwandtſchaft (§. 55.), ſtatt finden müſſen; ſo daß von denjenigen Körpern, welche die größte Wärmecapacität beſitzen, auch die nächſte Verwandtſchaft zum Wärmeſtoffe vermuthet werden darf.

§. 195.

Es folgen hier Tafeln der ſpecifiſchen Wärmen, die eines gleichen Gewichts Waſſers = 1 geſetzt.

Gasarten.

Waſſerſtoffgas	3,2936	Delaroche u. Berard	
Waſſergas	0,8470	»	»
Oelerzeug. Gas	0,4207	»	»
Kohlenoxydgas	0,2884	»	»
Stickgas	0,2754	»	»

Digitized by Google

Atmosph. Luft	0,2669	Delaroche u. Berard
Oxydirt. Stickgas	0,2369	» »
Sauerstoffgas	0,2361	» »
Kohlensaures Gas	0,2210	» »

Feste und tropfbarflüssige Körper.

Einfache brennbare Körper.

Schwefel	0,1880	Dulong u. Petit
Kobalt	0,1498	» »
Eisen	0,1100	» »
Nickel	0,1035	» »
Kupfer	0,0949	» »
Zink	0,0927	» »
Tellur	0,0912	» »
Silber	0,0557	» »
Zinn	0,0514	» »
Platin	0,0314	» »
Gold	0,0298	» »
Blei	0,0293	» »
Wismuth	0,0288	» »
Mössing	0,1100	Dalton
Antimon	0,0600	»
Quecksilber	0,0496	»

Wasser in seinen verschiedenen Cohäsionsformen.

Eis	0,900	Kirwan
	0,800	Irvine
Wasser	1,000	
Wassergas	1,550	Crawford.

Digitized by Google

Oxyde.

Kalkhydrat	0,40	Dalton
Eisenoxyd	0,320	Kirwan
Aetzkalk	0,30	Dalton
Kreide	0,27	»
Kupferoxyd	0,2272	Crawford
Antimonoxyd weißes, gewaschen	0,2272	»
Zinkoxyd	0,1369	»
Zinnoxyd	0,096	»
Bleioxyd, gelbes	0,068	»
Crownglas	0,200	Irvine
Flintglas	0,19	Dalton
Steingut	0,195	Kirwan.

Säuren und Alkalien.

Essig		0,92	Dalton
Essigsäure	(1,056)	0,66	»
Salpetersäure	(1,36)	0,63	»
Salzsäure	(1,153)	0,60	»
Schwefelsäure	(1,87)	0,333	Irvine
Kali	(1,346)	0,759	Kirwan
Ammoniak	(0,997)	0,708	»

Wässrige Salzlösungen.

Kohlensaures Ammoniak	0,851	Kirwan
Schwefelsaure Magnesia 1, Wasser 2	0,844	»
Kochsalz 1, Wasser 8	0,832	»
Salpeter 1, Wasser 8	0,8167	Lavoisier und Laplace

Digitized by Google

Salmiak 1 Wasser 1,5	. . .	0,789	Kirwan
Eisenvitriol 1 Wasser 2,5	. .	0,765	»
Kohlensaures Kali	(1,30)	0,750	Dalton
Weinstein 1 Wasser 237,3		0,734	Kirwan
Glaubersalz 1 Wasser 2,9	. .	0,728	»
Alaun 1 Wasser 2,9	. .	0,649	»

Zusammengesetzte brennbare Körper.

Alkohol	(0,817)	0,700	Dalton
Schwefeläther	(0,760)	0,660	»
Wallrathöl		0,520	»
Terpenthinöl		0,472	Kirwan
Leinöl		0,452	Rumford
Naphtha		0,415	»
Wallrath		0,399	Kirwan

Thierische Flüssigkeiten.

Arterielles Blut	1,0300	Crawford
Venöses Blut	0,8928	»
Kuhmilch	0,9999	»

Thierische feste Körper.

Ochsenhäute mit Haaren	0,7870	Crawford
Lungen eines Schafes	0,7690	»
Mageres Ochsenfleisch	0,7400	»

Digitized by Google

Mehrere Holzarten, so wie verschiedene Samenkörner, welche von Mayer u. a. hinsichtlich ihrer specif. Wärme geprüft worden, variirten zwischen 0,65 u. 0,42; Holz- und Steinkohlen zwischen 0,28 u. 0,19.

Die an mehreren Orten eingeklammerten Zahlen bedeuten die specifischen Gewichte. — Die Zahlen bei den Salzlösungen bezeichnen die Gewichtsverhältnisse des Wassers zum Salze.

Mittelst dieser Tafeln lassen sich also (die Genauigkeit der Angaben vorausgesetzt, welches freilich nicht immer verbürgt werden dürfte, da häufig die Bestimmungen verschiedener Beobachter sehr von einander abweichen) die Wärmemengen, welche irgend zwei der angegebenen Stoffe erfordern, um deren Temperaturen (§. 194.) um eine gleiche Anzahl Grade zu verändern, bestimmen. Da z. B. die spec. Wärme des Wassers 1,0000, und die des Goldes 0,0298 ist, so bedarf dieses nur $\frac{298}{10000}$ oder nahe $\frac{1}{33}$ so viel Wärme, als jenes zur Veränderung der Temperatur um eine gleiche Anzahl Thermometergrade. — Wenn man annehmen darf, daß die Thermometergrade gleichmäßig mit der Wärme zu- und abnehmen, welches nach §. 193. wenigstens für das Lufthermometer gelten möchte, so zeigen die Zahlen obiger Tafel das Verhältniß des wirklichen Wärmestoffs an, welchen je zwei Körper von gleichem Gewicht, bei einer und derselben Temperatur enthalten. Diese Zahlen würden sogar das Verhältniß der absoluten Quantitäten Wärmestoffs ausdrücken, wenn das Verhältniß der spec. Wärme je zweier Körper bei allen Temperaturen dasselbe wäre, welches aber, wie die Untersuchungen Petit's und Dulong's darthun (vergl. den vor. §.), nicht der Fall ist.

Ueber die so oft bestrittene Ausmittlung eines absoluten Nullpunctes, d. h. der absoluten Abwesenheit der Wärme (eine wenigstens in jeder Hinsicht gewagte Hypothese) womit sich verschiedene Naturforscher beschäftigt haben, s. Dalton a. o. a. O. I. 96. Vergl. auch Gilb. A. XII. 316. Clement u. Desormes in Journ. de phys. LXXIX. 428; Benzenberg in Gilb. nn. A. I. 363.

Digitized by Google

§. 196.

Die Angaben der Wärmecapacitäten in den vorigen §§. beziehen sich durchgängig auf gleiche Gewichte oder Massen (§. 34.). Hieraus lassen sich die Wärmecapacitäten der Körper für gleiche Volumina bestimmen, wenn man jene Angaben mit den specifischen Gewichten der Körper multipliciret.

Bezeichnen wir nämlich die specif. Gewichte zweier Körper durch durch s und s', so ist nach §. 33.

$$s = \frac{m}{v} \quad \text{und} \quad s' = \frac{m'}{v'}.$$

Bedeuten nun

c und c'

die Wärmecapacitäten, wenn $m = m'$, so werden

sc und s'c'

die Wärmecapacitäten seyn, wenn $v = v'$ gesetzt wird.

Einige nennen c, c' die specifischen, sc, s'c' die relativen Wärmen. Fischer (Lehrb. der mechan. Naturl. 2te Aufl. I. 234.) nennt letztere die Empfänglichkeit des Raums für die Wärme.

§. 197.

Es läßt sich zeigen, daß in einzelnen Fällen eine bestimmte Beziehung zwischen den Wärmecapacitäten der einfachen Körper und ihren stöchiometrischen Verhältnißzahlen (§. 98.) statt findet. Es wäre aber noch zu voreilig, ein allgemeines Gesetz aufstellen zu wollen.

Dalton's [(a. o. a. O. 82) aufgestellte Sätze sind zum Theil unrichtig ausgedrückt, oder doch wenigstens in der dort ausgesprochenen Allgemeinheit nichts weniger als richtig. Man kann bloß von den drei einfachen Gasarten: Sauerstoff-, Wasserstoff- und Stickgas sagen, daß sich die specif. Wärmen umgekehrt verhalten, wie die specif. Gewichte, woraus nach §. 112. auch ein bestimmtes Verhältniß zwischen jenen und den stöchiometrischen Verhältnißzahlen sich ergiebt, wie man aus folgenden Täfelchen ersieht, wenn

Digitized by Google

man die, aus den Wärmecapacitäten des §. 195. berechneten specif. Gewichte, mit den durch Abwägen gefundenen (s. unten an den gehörigen Orten), vergleicht.

Specifische Gewichte.		Stöchiometr. Verhältnißzahlen.
Sauerstoffgas	1,1026	1,0000
Wasserstoffgas	0,0790	0,0717
Stickgas	0,9452	0,8572

Hieraus würde, wenn man eine solche Beziehung einräumen will, folgen, daß mit Zuziehung des vorig. §phen, diese drei einfachen Gasarten, bei gleichem Volumen, eine gleiche Wärmecapacität besitzen. Vergl. Meinecke's Erläut. zur chem. Meßkunst. 192 ff. Bei den übrigen, zusammengesetzten Gasarten findet aber eine ähnliche Beziehung keineswegs statt.

Merkwürdig ist es indeß, daß Petit und Dulong (Ann. de chim. et phys. X. 396, vergl. Schw. u. Mein. nn. J. II. 479). Dalton's Annahme, daß sich die Wärmecapacitäten umgekehrt wie die stöchiometrischen Verhältnißzahlen verhalten, mit vielversprechendem Erfolge auf sehr viele einfache feste Körper ausgedehnt haben. Berechnet man nämlich aus den, von diesen Chemikern bestimmten Wärmecapacitäten (§. 195.), für nachbenannte Körper die Verhältnißzahlen, indem man eine (die des Schwefels) zum Grunde legt, so erhält man folgende Werthe:

Schwefel	2,0116	Silber	6,7896
Kobalt	2,5246	Zinn	7,3576
Eisen	3,4380	Platin	12,0440
Nickel	3,6539	Gold	12,6967
Kupfer	3,9850	Blei	12,9072
Zink	4,0396	Wismuth	13,1313
Tellur	4,1467		

Vergleicht man diese Werthe mit den unten, an den gehörigen Orten angegebenen, so stößt man auf eine ziemlich nahe Uebereinstimmung; denn daß manche dieser Werthe ein Vielfaches, entweder nach einer gebrochenen, oder nach einer ganzen Zahl von den nach der Sättigungs-Capacität berechneten Verhältnißzahlen ausmachen, könnte einen Beweis abgeben, daß man noch nicht mit den Ord

Digitized by Google

nungen der Verbindungen, woraus diese Verhältnißzahlen abgeleitet wurden, im Reinen wäre. Vergl. oben §. 95. a. Anm.

* * *

Boerhave, Elementa Chemiae. Lipsiae MDCCXXXII. I. 116. — Black Lectures of Chimistry. Ueberſ. von Crell. 2 Bde. — Wilke Verſ. über die eigenthümliche Menge des Feuers in feſten Körpern, und deren Meſſung in Crell's n. Entd. in d. Chem. X. 163. — Adair Crawford experiments and observations on animal heat, and on the inflammation of combustible bodies. London 1779. 8. Ueberſ. von Crell. Lpzg. 1789. — Lavoisier und Laplace sur la chaleur, in den Mém. de l'acad. d. s. 1780. 355. — Mayer über die Geſetze und Modifikationen des Wärmeſtoffs. Erlang. 1791. 46. u. in Crell's chem. A. 1798. I. 443. — J. G. Magellan essay sur la nouvelle théorie du feu élémentaire et de la chaleur des corps. London 1780. 4: Deutſch. Lpzg. 1782. 8. — Delaroche und Berard sur la chaleur spécifique de différens gas in Ann. de chim. LXXXIII. 72 u. 113. — Dulong und Petit über die ſpec. Wärme der feſten Körper bei verſchiedenen Temperaturen in Schw. J. XXV. 319. XXVIII. 121. auch in Gilb. n. A. XXVIII. 254.

Aenderung der Cohäſionsformen durch den Wärmeſtoff.

§. 198.

Die Wirkung des Wärmeſtoffs auf Körper beſchränkt ſich nicht bloß auf Ausdehnung (§. 186.), ſondern ſie führt in den meiſten Fällen, bei einer gewiſſen Temperatur, auch eine Aenderung der Cohäſionsformen (§. 38.) herbei: ſo daß ein Körper aus dem feſten Zuſtande in den tropfbarflüſſigen, aus dieſem in den gasförmigen, oder auch manchmal mit Ueberſpringung des tropfbarflüſſigen, ſogleich in den gasförmigen Zuſtand übergeht.

Digitized by Google

Uebergang aus dem festen in den tropfbarflüssigen Zustand, und umgekehrt.

§. 199.

In festen Körpern, welche bis zu einem gewissen Grade erwärmt werden, vermindert sich die Cohäsion (§. 37.) dergestalt, daß ihre kleinsten Theile leicht beweglich werden, ihre Lage gegen einander verändern, und durch geringe mechanische Kraft sich trennen lassen, wodurch dann solche feste Körper in den tropfbarflüssigen (liquiden) Zustand übergehen. Dieser Uebergang heißt Schmelzen, Zergehen, und die entgegengesetzte Aenderung Gefrieren, Gestehen, Gerinnen, Erstarren. Bei dieser Wirkung verliert der Wärmestoff die Fähigkeit, auf unser Gefühl und das Thermometer zu wirken; wir nennen ihn daher gebunden (latent). Es folgt hieraus, daß der Uebergang aus dem festen Zustande in den flüssigen mit Bindung des Wärmestoffs, und daher mit Verminderung der freien Wärme (§. 194.), und umgekehrt der Uebergang aus dem flüssigen Zustande in den festen, mit Entbindung des Wärmestoffs, und daher mit Vermehrung der freien Wärme begleitet seyn müsse.

Daher kommt es: daß Eis, auf einen warmen Ofen gebracht, so lange nicht das Thermometer afficirt, als es nicht ganz geschmolzen ist, obschon es Wärmestoff vom Ofen durch Mittheilung (§. 182.) empfängt; — daß in den meisten Fällen beim Lösen fester Körper im Wasser, Kälte entsteht (Frostmischungen); — daß gleiche Theile Eis von der Temp. 0°, und Wasser von 75° zusammengegossen, nicht wie man vermuthen sollte, Wasser von 37 1/2°, sondern von 0° geben. Umgekehrt rührt von dem beim Gefrieren frei werdenden Wärmestoff her, daß frierendes Wasser, oder krystallisirende Salzlösungen das Thermometer zum Steigen bringen; — daß in einer, mit 2 Theilen Baumöl und 1 Theile Wasser gefüllten Flasche, welche einer Kälte von — 12° ausgesetzt wird, das Oel erst dann gerinnt, wenn das Wasser längst gefroren, obgleich es einer weit tieferen Temperatur, als zu seinem Gefrieren nöthig, ausgesetzt ist

Digitized by Google

§. 200.

Körper, welche eine hohe Temperatur zum Schmelzen erfordern, heißen strengflüssige, die bei geringer Wärme schmelzen, leichtflüssige. Schmelzpunct oder Gefrierpunct*) ist derjenige Wärmegrad eines Körpers, über welchem er flüssig, unter welchem er fest ist. Die Temperatur des Schmelzpunctes ist bei den verschiedenen Körpern vielfach verschieden: einige sind schon bei der gewöhnlichen Temperatur flüssig, andere schmelzen noch vor dem Glühen (§. 178.), wieder andere erfordern Glühhitze, und endlich giebt es Körper, (streng genommen, nur einen, den Kohlenstoff), welche selbst in den höchsten Wärmegraden unschmelzbar bleiben; so wie auf der andern Seite einige tropfbarflüssige Körper auch in sehr hohen Kältegraden ungefrierbar sind; ja einer, (der Alkohol, auch der Schwefelkohlenstoff?), scheint in keiner, weder natürlichen noch künstlichen Kälte, den festen Zustand annehmen zu können.

*) Da nach §. 199. das Schmelzen eines Körpers in der Verminderung seiner Cohäsion durch den Wärmestoff besteht, so werden solche mechanische Mittel, welche die Cohäsion eines festen Körpers vermindern, als: Zertheilen, Zerstampfen, Zerreiben, das Schmelzen sehr erleichtern.

Einige sehr strengflüssige Körper, welche noch nicht der völligen, zum Schmelzen erforderlichen Hitze ausgesetzt worden, erleiden eine anfangende Schmelzung, in welcher nur die einzelnen Theile des gleichartigen Körpers, oder eines Gemengs in Fluß gerathen, und sich mit einander mischen, ohne daß jedoch das Ganze schmilzt. Man nennt dieses Zusammensintern. Viele irdene Geräthe sind bloß solche zusammengesinterte Gemenge.

Der Schmelzpunct zweier Körper ändert sich in den meisten Fällen sehr beträchtlich, nicht nur durch Mischung (§. 55.) mit einander, sondern sogar häufig durch bloße Mengung (§. 45.).

Handeln wir zuerst von dem durch Mischung veränderten Schmelzpunct der Körper. Es läßt sich im Voraus erwarten, daß die verschiedene Cohäsionsform, in welcher zwei Körper, im getrennten

Digitized by Google

Zustande, bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre bestehen, bedeutenden Einfluß auf den Schmelzpunct des, durch sie bewirkten Gemisches haben werde. Dieser Einfluß ist aber meistens ein anderer, als man vermuthen sollte: so möchte man erwarten, daß ein Gemisch aus einem festen und flüssigen (tropfbar- oder gasförmig flüssigen) Körper stets leichtflüssiger seyn müßte, als ein Gemisch aus zwei festen Körpern; sehr häufig findet aber gerade das Gegentheil statt, besonders bei dem Gemische aus einem festen und gasförmigen Bestandtheil. So ist die große Anzahl von festen Gemischen, welche der Sauerstoff mit den brennbaren Körpern eingeht, strengflüssiger als letztere für sich (vorausgesetzt, daß sie überhaupt sich schmelzen lassen, und nicht in erhöhter Temperatur sogleich aus dem festen in den gasförmigen Zustand übergehen). Bei den Verbindungen des Chlorins mit den Metallen der Alkalien und Erden findet dasselbe statt, während diejenigen mit den schweren Metallen stets leichtflüssiger als die Metalle, ja einige noch in hohen Graden der Kälte ungefrierbar sind. — Dagegen zeigen sich, mit sehr wenigen Ausnahmen, feste Gemische aus zwei, in der gewöhnlichen Temperatur im festen Zustande bestehenden, Körpern, stets leichtflüssiger, als der strengflüssigere ihrer Bestandtheile, ja häufig sogar als beide Bestandtheile. So sind die Metallgemische (vielleicht nur mit Ausnahme der Legirung aus Zinn und Arsenik), stets leichtflüssiger als der strengflüssigere ihrer Bestandtheile, häufig sogar als beide. — Ebenso sind die Schwefel- und Phosphormetalle meistens leichtflüssiger, als das Metall, welches sie enthalten. Die Gemische aus Schwefel und Phosphor sind durchaus leichtflüssiger, als jeder der beiden Bestandtheile. — Die Erden, wahrscheinlich auch die schweren Metalloxyde, sind immer leichtflüssiger in Verbindung mit einander, als einzeln. — Auf der andern Seite ist es wieder merkwürdig, daß Gemische aus einem Salz und viel Wasser stets leichtflüssiger sind, als bloßes Wasser. Aus dem Angeführten ersieht man, daß wir bis jetzt noch nicht vermögen, aus den Schmelzpuncten je zweier Stoffe, welche sich mit einander mischen können, den Schmelzpunct der Mischung zu bestimmen.

Der Fall, wo bloß mit einander gemengte Stoffe früher zum Schmelzen kommen, als jeder für sich allein, findet besonders bei den Erden statt. Hievon ist jedoch auszunehmen der Fall, wo zwei Stoffe, zwar bloß mit einander gemengt, einer höhern Tem-

Digitized by Google

peratur ausgesetzt werden, in welcher der eine flüssig wird, und dann als Auflösungsmittel (§. 65.) auf den andern wirkt. In der weitesten Bedeutung nennt man Körper, welche das Schmelzen anderer befördern, Flüsse, gleichviel ob sie mit den andern bloß gemengt oder gemischt sind. Dahin gehören auch solche Körper, welche andere, minder leichtflüssige in einer Temperatur zu gefrieren hindern, in welcher diese für sich allein fest werden würden. Im engern Sinne versteht man unter Flüssen Körper, welche andere, bloß durch gegenseitige Berührung, zum Schmelzen bringen, sey es auch, daß sie in höherer Temperatur als Auflösungsmittel, auf die anderen wirken. — In diesem Sinne ist Flußspath, der hievon den Namen trägt, Fluß für Kalk, mittelbar durch diesen auch für andere Erden. — Kali ist Fluß für Kieselerde, mittelbar durch diese auch für Kalk. — Borax, Bleioxyd sind Flüsse für alle Erden. — Blei, Zinn sind Flüsse für strengflüssigere Metalle. Alle diese Stoffe wirken in der höhern Temperatur als Auflösungsmittel. Borax ist aber auch Fluß für die strengflüssigeren Metalle, ohne daß er sich mit ihnen mischt. Vielleicht rührt diese Wirkung davon her, daß er als schlechter Wärmeleiter (§. 182.) gleichsam eine warmhaltende Decke bildet. — Endlich in dem oben angeführten Falle, wo zwei mit einander gemengte Stoffe, wie z. B. zwei Erden, leichter schmelzen als jeder für sich, wirken beide wechselseitig als Flüsse auf einander. — So Kalk und Thon. — Das Schmelzen eines festen Salzes mit Schnee in einer Temperatur unter dem Eispunct ꝛc.

*) Der Gefrierpunct und der Schmelzpunct eines Körpers sind in so fern von einander zu unterscheiden, als jener unter gewissen Umständen veränderlich seyn kann; (Wasser kann manchmal mehrere Grade unter 0 erkalten, ohne zu gefrieren), dieser hingegen ist vollkommen constant. Wenn aber auch ein Körper noch so tief unter seinem Schmelzpuncte gefriert, so steigt die Temperatur im Moment des Gefrierens doch stets auf die des Schmelzpunctes.

* * *

Black's Erfahrungen über den Gang der Wärme unter gewissen Umständen in Crell's n. Entd. in d. Chem. IX. 218. — Wilke von des Schnee's Kälte beim Schmelzen in den Schwed. Abh. XXXIV. 1772. 93. — De Luc Meteoro-

Digitized by Google

logie. I. 210. — Blagden's Verf. in Gren's J. I. 38). — Walker's Beob. in Gren's n. J. III. 458. — Lowitz's Verf. in Crell's chem. Ann. 1796. I. 529.

Uebergang aus dem tropfbarflüssigen Zustand in den gasförmigen, und umgekehrt.

§. 201.

Die durch gebundenen Wärmestoff tropfbarflüssig gewordenen Körper können zwar, bis zu einem gewissen Grade, wieder freien Wärmestoff (§. 194.) aufnehmen, und dadurch der allgemeinen Wirkung der Wärme, der Ausdehnung (§. 185.) auf's neue unterworfen werden. Durch einen höhern Grad von Wärme erleiden aber die meisten eine abermalige Aenderung der Cohäsionsform, und gehen in den luftförmigen, gasförmigen oder elastisch flüssigen Zustand über. Dieser Uebergang ist mit einer abermaligen Bindung des Wärmestoffs, und daher wiederum mit Verminderung der freien Wärme, begleitet; so wie die entgegengesetzte Wirkung eine Entbindung des Wärmestoffs und daher Vermehrung der freien Wärme herbeiführt.

Hieraus lassen sich viele Erscheinungen erklären, bei welchen Kälte entsteht. — Die Bereitung des Eises zu Benares in Ostindien, bei + 2° bis 4° durch Verdunstung des Wassers, in Gren's J. VIII. 409. — Bei Feldlagern verschafft man sich dadurch kaltes Getränk, daß man mit demselben gefüllte Flaschen eingräbt, und über der Erde, womit sie bedeckt sind, Feuer macht, wodurch die Feuchtigkeit von der Oberfläche aus verdunstet, und die, in der die Flaschen umgebenden Erde enthaltene, verdunstend nachzufolgen gezwungen wird. — Aether auf eine Thermometerkugel getröpfelt, bringt das Thermometer zum beträchtlichen Sinken. — Unter der Luftpumpe, wo die Verdunstung weit schneller erfolgt als in der Luft, können durch Verdunstung sehr flüchtiger Substanzen (Aether, Schwefelkohlenstoff ꝛc.), Wasser, selbst Quecksilber, mitten im Sommer zum Gefrieren gebracht werden. S. Mayer in Gren's

J. II. 358. — Leslie in Schw. J. II. 209. — Clement und Desormes. eb. 8. — Configliachi eb. 335 und IX. 54; — auch in Gilb. n. A. XIII. 341. 373 u. 378. — Marcet eb. XVIII. 167. — Wollaston's Kryophorus (Eisträger) eb. 174.

Gay—Lussac (Ann. de chim. et de phys. T. XXI. 82) hat neuerdings interessante Versuche über die durch Verdunstung (§. 203.) liquider Körper hervorgebrachte Kälte angestellt, indem er trockne Luft auf ein Queckſilberthermometer, welches mit feuchtem Batist bekleidet war, strömen ließ. Die zweite Spalte der nachstehenden Tafel liefert die Resultate dieser Versuche. Zugleich hat er, wenn gegeben ist, der gebundene Wärmestoff des Dunstes der verdunstenden Flüssigkeit, seine Tension bei irgend einer Temperatur, seine Dichtigkeit, die Temperatur der Luft, ihre Wärmecapacität und ihr Druck, eine Formel entwickelt, woraus sich für jeden Thermometergrad die Temperaturerniedrigung, welche irgend eine flüchtige Flüssigkeit hervorbringt, bestimmen läßt. Die dritte Spalte enthält die hieraus berechneten Thermometergrade für das Wasser, welche mit denen, durch den Versuch erhaltenen, ziemlich nahe übereinstimmen. — Man ersieht aus dieser Tafel, daß die, durch Verdunstung in einer trocknen Luft, bewirkte Kälte, sehr beträchtlich seyn kann, z. B. hinreichen würde, das Wasser bei 8° zum Gefrieren zu bringen. — Alles dieses beziehet sich indeß auf vollkommen trockne Luft; da aber dieselbe in ihrem gewöhnlichen Zustande mehr oder weniger feucht ist, so kann die durch Verdunstung hervorgebrachte Kälte nicht mehr so beträchtlich seyn, und sie würde völlig Null werden, wenn die Luft im Maximum der Feuchtigkeit wäre. (§. 206.) Es erklärt sich übrigens hieraus, daß je trockner die Luft, (wie gewöhnlich auf hohen Bergen) desto mehr Kälte entsteht durch die Verdunstung.

Digitized by Google

Temperatur der ausgetrockneten Luft unter dem Drucke von 28 Zoll.	Abnahme der Temperatur durch die Verdunstung, unter die Temperatur der Luft.		Abnahme der Temp. der trocknen Luft, berechnet für die gleiche Zahl Thermometergrade wie in der ersten Spalte, aber unter Null.
	durch Versuche bestimmt	durch Rechnung gefunden	
0°	5,°82	5,°85	5,°85
+ 1	6, 09	6, 25	5, 61
2	6, 37	6, 55	5, 37
3	6, 66	6, 85	5, 13
4	6, 96	7, 15	4, 89
5	7, 27	7, 45	4, 65
6	7, 59	7, 80	4, 43
7	7, 92	8, 15	4, 21
8	8, 26	8, 45	3, 99
9	8, 61	8, 75	3, 77
10	8, 97	9, 15	3, 55
11	9, 37	9, 65	3, 37
12	9, 70	10, 05	3, 19
13	10, 07	10, 45	3, 01
14	10, 44	10, 75	2, 93
15	10, 82	11, 15	2, 65
16	11, 20	11, 65	2, 51
17	11, 58	12, 05	2, 37
18	11, 96	12, 45	2, 23
19	12, 34	12, 95	2, 09
20	12, 73	13, 35	1, 95
21	13, 12	13, 85	1, 85
22	13, 51	14, 25	1, 75
23	13, 90	14, 65	1, 65
24	14, 30	15, 25	1, 55
25	14, 70	15, 75	1, 45

Die entgegengesetzte Wirkung, nämlich Temperaturerhöhung, tritt ein: bei Absorption von Gasarten — Kühlsaß — Heizen durch Wasserdunst.

Digitized by Google

202.

Die Gasform ist die letzte Cohäsionsform, in der die Körper durch Bindung des Wärmestoffs erscheinen können; alle nun noch dargebotene Wärme kann bloß die allgemeine Wirkung derselben noch äussern, d. h. ausdehnen (§. 186.)

§. 203.

Der Uebergang aus dem liquiden Zustande in den gasförmigen führt, je nachdem er auf diese oder jene Weise erfolgt, veränderte Erscheinungen herbei. Wenn nämlich das Liquidum den Wärmestoff von unten empfängt, so daß also die untern Schichten wärmer, als die obern werden, so steigen die in Gasform übergegangenen Bläschen des Liquidums durch dasselbe mit Geräusch empor, zerspringen auf der Oberfläche und entweichen; wenn hingegen die Oberfläche eines in Gasform übergehenden Liquidums, gleich warm oder gar wärmer wie die untern Schichten ist, so erfolgt der Uebergang, ohne Geräusch und ohne sichtbare Bewegung, bloß von der Oberfläche aus. Jener Uebergang in den gasförmigen Zustand heißt das Sieden oder Kochen, und die hiezu erforderliche Temperatur der Siedepunkt; dieser Uebergang die Verdunstung.

A.

Sieden oder Kochen.

§. 204.

Der Siedepunct ist nicht nur bei verschiedenen Körpern verschieden, sondern auch bei einem und demselben Körper veränderlich, je nachdem der Druck der atmosphärischen Luft auf das siedende Liquidum, und unter übrigens gleichen Umständen, die Höhe der siedenden Liquidums-Säule verschieden ist. Denn die, am Boden der Flüssigkeit entstehenden, Bläschen können bloß mit Ueberwindung des Drucks der darüberstehenden Flüssigkeit und der atmosphärischen Luft emporsteigen;

Digitized by Google

je größer aber der Druck der einen oder der andern, oder beider ist, desto größer muß die Kraft seyn, welche diese Bläschen bildet, d. h. desto mehr muß die Temperatur erhöht werden.

Daher ist der Siedepunct der liquiden Körper, unter übrigens gleichen Umständen, bei hohem Barometerstande, höher als bei niedrigem; auf Bergen niedriger, als in Thälern. — Unter dem Recipienten der Luftpumpe sieden die Flüssigkeiten bei bedeutend niedrigeren Temperaturen, als in freier Luft: so daß das Wasser, unter den im vorigen §phen angegebenen Umständen, bei allen Temperaturen über 0° zum Sieden gebracht werden kann; sofern nur die untere Schicht um einige Grade wärmer, als die Oberfläche, erhalten wird. Da schon beim beginnenden Auspumpen die Verdunstung auf der Oberfläche eintritt, so wird dieselbe wegen der Wärmebindung und wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des Wassers (§. 184, b.), sogleich um einige Grade kälter, als die unterste Schicht; daher tritt, unter diesen Umständen, stets jene Bedingung ein, und das Wasser oder irgend ein anderes Liquidum, welches, nur bei nicht zu hoher Temperatur, siedet, kommt zum Sieden. — Pulshammer.

Umgekehrt ist das siedende Wasser im Papinischen Topfe viel heißer, als das an freier Luft siedende.

§. 205.

Ausserdem ist der Siedepunct bei einem und demselben Körper auch etwas veränderlich, nach der formellen Beschaffenheit der Körper, in welchen die Flüssigkeit siedet, oder mit welchen sie in Berührung stehen. Liquida sieden nämlich leichter in Berührung mit rauhen, eckigen und unebenen, als mit völlig glatten und ebenen Oberflächen.

Daher sieden, nach Gay-Lussac's Beobachtung, die Flüssigkeiten in Metallgefäßen bei einer niedrigeren Temperatur (1 1/3 Grad niedriger) als in Glasgefäßen; denn jene haben, selbst wenn sie polirt sind, nie eine so glatte Oberfläche als diese, welche durch Schmelzung gebildet sind. — Flüssigkeiten, welche eben zu sieden anfangen wollen, gerathen in heftiges Sieden, wenn man in

Digitized by Google

diesem Zeitpunct einen pulverförmigen Körper in sie hineinwirft. — Daher pflegt man in Flüssigkeiten, welche einen hohen Siedepunct haben, pulverförmige Körper oder Metalldrähte zu werfen, um das Sieden zu beschleunigen, und das heftige Aufstoßen, welches häufig das Zerspringen des gläsernen Gefäßes zur Folge hat, zu verhüten, indem in diesem Falle die Bildung kleinerer Gasbläschen an den Ecken und Spitzen des Metalldraths erfolgt, wodurch die aufwallenden Bewegungen minder heftig werden. — Es scheint daher der Wärmestoff von unebenen Oberflächen leichter, als von rauhen, mitgetheilt zu werden. Dieß kann indeß nicht die einzige Ursache jener Erscheinung seyn, da ein pulverförmiger Körper, in eine Flüssigkeit von gleicher Temperatur gebracht, welche ein absorbirtes Gas enthält, das dem Entweichen nahe ist, auch die theilweise Entwicklung desselben befördert. Gay—Lussac Ann. de chim. LXXXII. 174. — Muncke und Gmelin in Gilb. u. A. XXVII. 211. — Gay—Lussac in Schw. J. XXIV. 327.

B.

Verdunstung.

I. Von den Erscheinungen der Verdunstung im Allgemeinen.

§. 206.

Die Verdunstung (§. 203.) kann in der Regel bei allen Temperaturen, über dem Schmelzpuncte eines Körpers, statt finden; daß sie auch noch unter demselben erfolge, hierüber s. §. 221. Von einem Körper verdunstet aber desto mehr, je höher die Temperatur ist. Am leichtesten erfolgt die Verdunstung im luftleeren Raume; in der Luft hingegen, unter übrigens gleichen Umständen, desto langsamer, je größer ihr Druck ist. Dieser Unterschied bezieht sich indeß bloß auf die Zeit oder Dauer der Verdunstung, nicht aber auf die Menge des verdunstenden Körpers; denn diese ist sich bei gleicher Temperatur stets gleich, es mag die Verdunstung im luftleeren oder luftvollen Raume vor sich gegangen seyn, vorausgesetzt,

Digitized by Google

daß sie stets ihr Maximum für die gegebene Temperatur erreicht, oder im letzteren Falle, daß die Luft sich vollkommen mit dem verdunsteten Körper gesättigt (§. 89.) habe.

Man kann im Allgemeinen annehmen, daß alle Körper, welche überhaupt verdunsten können, auch in viel niederen Temperaturen, als in der ihres Siedepunctes, verdunsten. Allein je höher der Siedepunct einer Flüssigkeit liegt, desto weniger verdunstet von ihr in der gewöhnlichen Temperatur, und bei mehreren ist dieß so gering, daß man es gleich Null setzen kann. So ist die Menge des, auch bei niederen Temperaturen verdunstenden, Wassers, Alkohols, Aethers der ätherischen Oele ꝛc., gar nicht unbeträchtlich; die der Schwefelsäure, des Queckſilbers ꝛc., muß aber, wenigstens für die Beobachtung, für 0 angesehen werden; dieses gilt für den luftvollen, so wie für den luftleeren, Raum. Daß z. B. die Schwefelsäure, unter dem Recipienten der Luftpumpe, nicht nur nicht verdunstet, sondern sogar die Luftverdünnung noch dadurch vermehrt, daß sie das im Dunstzustande, unter der Glocke enthaltene Wasser absorbirt, ersieht man, wenn zwei Gefäße, das eine mit viel concentrirter Schwefelsäure, das andere mit wenig Wasser gefüllt, unter die Glocke gestellt werden, und hierauf möglichst schnell ausgepumpt wird. Bleiben nämlich beide Gefäße eine zeitlang im ausgeleerten Recipienten stehen, bis das Wasser ganz verschwunden ist, so fällt die Barometerprobe noch um etwas, welches manchmal einige Lin. betragen kann; vorausgesetzt, daß der Recipient und die Hähne luftdicht schließen. Auf der andern Seite verdunstet das Queckſilber in der Torricelliſchen Leere doch etwas in der Sonnenwärme; so wie aber auch ein Beiſpiel bekannt ist, daß bei Personen Speichelfluß erregt wurde, die sich in einem Zimmer aufhielten, in welchem auf dem Ofen eine Schale mit Queckſilber stand. Buchholz und Gehlen in des Letzteren J. IV. 307.

Die stets schneller erfolgende Verdunstung im luftleeren, oder wenigstens luftverdünnten Raum der, in der gewöhnlichen Temperatur wirklich verdunstbaren, Körper, zeigt sich unter der Luftpumpe, im Pulshammer und in der Torricelliſchen Leere.

Hier ist der schicklichste Ort, von der Erscheinung der Verdunstung des Wassers aus den Flüssen, Seen, Meeren, so wie überhaupt aus

Digitized by Google

jeder, der atmosphärischen Luft ausgesetzten nässigen Flüssigkeit, bei jeder Temperatur über dem Schmelzpuncte des Wassers, zu sprechen. Dieses Phänomen ist von jeher der Gegenstand vielfacher Forschungen gewesen. Ohne hier alle die verschiedenen, zur Erklärung dieser Erscheinungen, entworfenen Hypotheſen zu berühren, soll bloß der sogenannten Auflösungstheorie mit einigen Wörten gedacht werden, welche Hamberger (Diss. sur la cause de l'élévation des vapeurs, Bordeaux 1745. 4. und besonders in seinen Elementis physices. 1750.), Le Roy (Mém. sur l'élévation et la suspension de l'eau dans l'air, in den Mémoires de l'acad. de Paris. 1715. 481.), de Sauſſüre (Essai sur l'hygrométrie. Neuchatel 1783. 8. Essai III.) u. a. m. mit mancherlei Abänderungen vorgetragen haben. Nach dieser Hypotheſe sollte das Wasser von der Luft, wie ein Salz im Wasser, aufgelöset werden, und die Menge des aufzulösenden Wassers sollte, auf gleiche Weise, von der Temperatur der Luft abhängig seyn, als die Menge des aufzulösenden Salzes von der Temperatur des Wassers abhängig ist. Diese Ansicht ist indeß durch die oben schon ausgesprochene Thatsache, daß nämlich, bei gleicher Temperatur, im luftleeren Raume von einer Flüssigkeit eben so viel verdunstet als im luftvollen, widerlegt worden; denn, wenn diese Verdunstung von einer chemischen Verwandtschaft der Luft zum Wasser abhängig wäre, so müßte ja im luftvollen Raume mehr verdunsten können, als im luftleeren, und es wäre auch zu erwarten, daß die verschiedenen Gasarten, unter denselben Umständen, je nach ihrer verschiedenen Verwandtschaft zum Wasser, ungleiche Mengen davon aufnehmen würden, welches aber nicht der Fall ist. Im Gegentheil ergiebt sich, daß die Luft die Verdunstung nicht nur nicht befördert, sondern sogar hindert, indem, wie oben im §phen angedeutet worden, die Verdunstung bei weitem schneller im luftleeren, oder auch nur im luftverdünnten, als im luftvollen Raume erfolgt. Dalton's Theorie über die Beſchaffenheit gemiſchter luftförmiger Flüſſigkeiten, beſonders der atmoſph. Luft in Gilb. A. XII. 385. Vergl. Volta in Gren's n. J. III. 479.

Digitized by Google

§. 207.

Hieraus erhellet, daß bei einer bestimmten Temperatur desto weniger von einem verdunstenden Körper in einen luftvollen Raum übergehen könne, je mehr von ihm schon darin enthalten ist; wenn aber die Verdunstung bei der gegebenen Temperatur ihr Maximum erreicht hat, so beträgt die ganze Menge des, in die Luft übergegangenen, Körpers stets gleichviel. Die Erfahrung lehrt auch, daß die Verdunstung eines Körpers um so langsamer erfolgt, je mehr die Luft mit demselben schon geschwängert ist.

Nasse Körper (z. B. Wäsche) trocknen im Luftzuge leichter aus, als in einem eingeschlossenen Raum, weil in jenem Falle, die, mit Feuchtigkeit geschwängerte, Luft beständig fortgeführt wird, und trockne Luft an ihre Stelle tritt.

II. Von den gasförmigen Körpern im Allgemeinen.

§. 208.

Ein fester oder tropfbarflüssiger Körper, welcher in die atmosphärische Luft übergegangen ist, oder einen luftleeren Raum erfüllt hat, besitzt alle Eigenschaften eines luftförmigen Körpers, nämlich: große Ausdehnung, d. h. geringe Masse bei großem Volumen, Durchsichtigkeit und expansive Elasticität.

Der Grad der Ausdehnung, welchen die verschiedenen verdunstbaren Körper durch ihren Uebergang in den gasförmigen Zustand erleiden, so wie die Quantität Wärmestoff, welchen sie hiezu erfordern, ist sehr verschieden. Darf man aus den, mit nachbenannten vier Flüssigkeiten angestellten Versuchen Gay-Lussac's (Gilb. n. A. XV. 332. und Ann. de chim. et phys. II. 130), auf die übrigen verdunstbaren Stoffe schließen, so kann man annehmen: je leichter ein Körper verdunstet, desto geringer ist seine Ausdehnung, und desto weniger erfordert er Wärmestoff, wenn er in den gasförmigen Zustand übergeht. Gay-Lussac bemerkt übrigens, daß die Dichtigkeit der Dünste weder mit der Flüchtigkeit der tropfbaren Flüssigkeiten, aus denen sie entstehen, noch mit ihrem specif. Gewichte im Verhältnisse stehe. Vergl. auch Th. v. Saussüre in Gehl. J. IV. 97.

Digitized by Google

Es giebt nach Gay-Luſſac von folgenden Flüſſigkeiten

	1 Gramme an Dunſt, bei 100° nach Liter	oder	1 Grau *) an Dunſt, bei 100° nach franz. Cub. Zollen
Waſſer	1,700		4,556
Alkohol	0,661		1,772
Schwefelalkohol	0,402		1,077
Schwefeläther	0,411		1,102

bei 28″ Barometerſtand.

Dünſte oder unbeſtändige Gasarten können übrigens einen hohen Grad von Dichtigkeit erreichen, wenn ſie durch die vereinte Wirkung eines hohen Hitzgrades und eines ſtarken Druckes aus tropfbaren Flüſſigkeiten gebildet werden. — So fand Cagniar de la Tour (Ann. de chim. et de phys. XXI. 127.), daß Alkohol, Schwefeläther und rectificirtes Steinöl, der Wirkung der Wärme und des Drucks ausgeſetzt, vollkommen in den gasförmigen Zuſtand übergehen können, bei einem Volumen, welches etwas mehr, als das zweifache von dem jeder dieſer tropfbaren Flüſſigkeiten, beträgt. Späterhin fand er (eb. XXII. 410.) daß der Druck, welchen der in den gasförmigen Zuſtand übergegangene Aether auf die einſchließende Glasröhre äuſſert, gleich dem Drucke von 37, der Druck des Schwefelkohlenſtoffs gleich dem von 78 Atmoſphären ſey.

Wenn der Wärmeſtoff, welchen das Waſſer zu ſeinem Uebergange in den gasförmigen Zuſtand erfordert, gleich 1 geſetzt wird, ſo hat, nach Gay-Luſſac, der Alkohol von 0,8152 ſpec. Gew. nur 0,436, und das Terpenthinöl nur 0,226 ſo viel Wärmeſtoff, unter gleichen Umſtänden, nöthig.

Es iſt aber ſehr merkwürdig, daß diejenigen Flüſſigkeiten, welche ſich bei ihrem Uebergange in den gasförmigen Zuſtand am meiſten

*) Alle Gewichtsbeſtimmungen in dieſem Lehrbuche beziehen ſich auf deutſches Medicinalgewicht.

Digitized by Google

ausdehnen, in ihrem tropfbarflüssigen Zustande, bei gleichen Temperaturunterschieden, die geringste Ausdehnung erleiden: 1000 Maasstheile nachstehender Flüssigkeiten, bei ihrem Siedepuncte, ziehen sich beim Erkalten, um je 15° unter demselben, zusammen:

Temperaturen	Wasser um	Alkohol um	Schwefelkohlenstoff um	Schwefeläther um
0	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00
15	10, 50	17, 51	17, 98	24, 16
30	18, 85	34, 74	35, 06	46, 42
45	26, 50	50, 85	51, 08	63, 48
60	32, 42	65, 96	66, 21	
75	36, 70	80, 11		

Die meisten Körper, wie Wasser, Alkohol, Aether, Quecksilber u. s. w., sind im gasförmigen Zustande farblos; nur wenige sind gefärbt, wie Schwefel, Jodin und Indig. Auch die beständigen Gasarten (§. 209.) sind mit Ausnahme des Chlorin- und Euchloringases farblos.

§. 209.

Darin findet aber ein großer Unterschied statt, daß die durch Wärme in den gasförmigen Zustand übergegangenen festen oder tropfbarflüssigen Körper, auch unter gewissen Umständen, wieder in den festen oder tropfbarflüssigen Zustand zurückkehren können, während es andere gasförmige Körper giebt, welche für sich allein in gar keiner andern Cohäsionsform uns bekannt sind, und welche die im vor. §phen angeführten Eigenschaften, unter allen Umständen, namentlich in der größten Kälte, und bei dem größten äussern Drucke, beibehalten. Diese nennen wir beständige, permanente Luft- oder Gasarten; jene, im Gegensatz von diesen, unbeständige Luft- oder Gasarten.

Digitized by Google

Die unbeständigen Gasarten werden von den Meisten, Dünste oder Dämpfe genannt. Erwägt man aber, daß es Gasarten giebt, wie namentlich das schwefligsaure und Ammoniakgas, welche, ohne Ausnahme, von allen Chemikern zu den Gasarten gezählt werden, welche sich aber von dem gasförmigen Zustand des Wassers, Alkohols, Aethers, Schwefels, verschiedener Metalle, u. s. w. in der That nur darin unterscheiden, daß sie in der gewöhnlichen Temperatur, ja noch mehrere Grade unter Null, ihren gasförmigen Zustand behaupten, in höheren Kältegraden aber verdichtet werden: so ist es, wegen dieses bloß relativen Unterschieds, nicht passend, obgleich dem Sprachgebrauche gemäß, für beide Arten von gasförmigen Körpern, verschiedene Namen zu gebrauchen. Hingegen zwischen diesen, zu einer Classe gehörigen, Körpern und den beständigen Gasarten findet ein absoluter Unterschied statt, indem diese bei keinem, auf unserer Erde möglichen, Kältegrade, und bei keinem Drucke, für sich allein ihren gasförmigen Zustand aufgeben. Ob freilich dieser Unterschied ein absoluter, in der weitesten Bedeutung des Wortes sey, dieß ist eine andere Frage; denn es könnte ja wohl ein Kältegrad, wie er vielleicht auf andern, von der Sonne entfernteren Planeten, statt findet, auch diese Gasarten in den liquiden, oder gar in den festen Zustand zurückführen, worüber übrigens, begreiflicher Weise, die Erfahrung nicht entscheiden kann.

Ich werde in der Folge unter «Gas» alle gasförmige Substanzen, beständige wie unbeständige, begreifen, obgleich ich, um nicht von dem Sprachgebrauch zu sehr abzuweichen, die unbeständigen Gasarten wohl auch häufig unter dem Namen Dünste aufführen werde. Das Wort «Luft» bezeichnet hingegen ohne Einschränkung stets die atmosphärische Luft.

§. 210.

Schon nach der Analogie kann man schließen, daß auch in den beständigen Gasarten der gasförmige Zustand durch den Wärmestoff bedingt sey; noch mehr aber daraus, daß häufig ein beständiges Gas aus festen oder tropfbarflüssigen Gemischen, welche ein solches als Bestandtheil enthalten,

Digitized by Google

durch Wärme entwickelt werden könne, z. B. aus Braunstein, Quecksilberoxyd, Mennige, Salpeter, Kreide, salpetersaurem Ammoniak ꝛc. Ist aber der Wärmestoff die einzige Ursache des permanent gasförmigen Zustandes, so muß angenommen werden, daß er in den beständigen Gasarten in höherem Grade gebunden (§. 199.) sey, als in irgend einem andern Körper, oder mit andern Worten: es muß zwischen dem, den Gaszustand bedingenden Wärmestoff und der wägbaren Grundlage eines solchen Gases eine sehr große Verwandtschaft statt finden, welche durch keine, auch noch so kalte Umgebung, sondern nur durch eine Mischung dieser Grundlage mit einem andern ponderablen Stoff aufgehoben werden kann.

Man könnte auch noch als Grund für die obige Hypothese anführen, daß in dem Falle, wo ein beständiges Gas durch eine chemische Verbindung seinen gasförmigen Zustand aufgiebt, stets eine Wärmeentwicklung eintrete; allein da überhaupt bei chemischer Mischung, besonders wenn die sich mischenden Stoffe eine große Verwandtschaft gegen einander äussern, eine Wärmeentbindung statt findet, unabhängig von irgend einer Veränderung der Cohäsionsform, so treten hier verwickeltere Wirkungen ein, und es bleibt daher jener Grund nicht frei von allen Einwürfen. Vergl. unten §. 237. — Gemäß dem, was in der Anmerk. des vor. §. bemerkt worden, daß nämlich ein Körper, je leichter er verdunstet, desto weniger Wärmestoff hiezu erfordere (wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß dieser Satz bloß aus vier einzelnen Fällen abgeleitet ist), müßte übrigens noch angenommen werden, daß die absolute Menge des, durch eine große Verwandtschaft an die ponderable Substanz des beständigen Gases gebundenen, Wärmestoffs geringer sey, als in den unbeständigen Gasarten, da diese wägbaren Grundlagen von keinem Körper an leichter Verdunstbarkeit übertroffen werden, indem sie nie anders als im gasförmigen Zustande bestehen.

§. 211.

Der luft- oder gasförmige Zustand der unbeständigen Gasarten ist erstens abhängig von ihrer Temperatur: so wie

Digitized by Google

nämlich die Temperatur sich vermindert, so geht ein Theil des gasförmigen Körpers wieder in den festen oder tropfbarflüssigen Zustand zurück, und wir müssen annehmen, daß es stets für jeden solchen Körper einen, wenn auch nicht immer durch die Erfahrung auszumittelnden, Temperaturgrad gäbe, bei welchem er seinen gasförmigen Zustand gänzlich aufgeben würde; zweitens von dem äussern Druck: wenn nämlich solche gasförmige Körper zusammengepreßt werden, so erfolgt derselbe Uebergang, mehr oder weniger, je nach dem Grade des angewandten Druckes. Durch Abkühlung oder Druck, oder durch beides zugleich, kann daher ein unbeständiges Gas in den festen oder tropfbarflüssigen Zustand zurückgeführt werden.

Daß durch die Zurückführung eines unbeständigen Gases in den tropfbarflüssigen oder festen Zustand, nur derjenige Wärmestoff entzogen werden könne, welcher den gasförmigen Zustand herbeigeführt hat, versteht sich von selbst: eine Bemerkung, die sich auch auf die beständigen Gasarten bezieht.

Eine andere Betrachtung drängt sich uns aber auf, wenn wir erwägen, daß nach dem Obigen, unbeständige Gasarten auch durch mechanischen Druck verdichtet werden können. Die Dünste unserer Atmosphäre sind stets dem beträchtlichen Drucke der Luft ausgesetzt, und doch schlagen sie sich nicht nieder, wofern nur ihre Menge die nicht übersteigt, welche bei der gegebenen Temperatur statt finden kann (§. 206.)! — Dieß, verglichen mit dem Umstande, daß die Verdunstung im luftleeren Raume wie im luftvollen erfolgt, führte Dalton zur Aufstellung der Hypothese, daß die Luft gar keinen Druck auf irgend eine unbeständige Gasart äussern könne, oder allgemein: daß die Verdunstung eines Körpers nur durch denselben, schon in Gasform übergegangenen Körper, nicht aber durch ein anderes Gas verhindert oder wesentlich beschränkt werden könne.

Diese Hypothese, so gewagt sie uns auch immer scheinen mag, erklärt in der That mehrere Erscheinungen, von denen früherhin keine befriedigende Rechenschaft gegeben werden konnte. — So

Digitized by Google

erklärt sich, warum kohlensaurer Kalk in einer, auch sehr hohen Hitze, nur schwierig sein kohlensaures Gas fahren läßt, wenn er in versperrten Gefäßen erhitzt wird; dagegen viel leichter, wenn man Wassergas oder irgend eine andere Gasart, ausser dem kohlensauren Gase, über den Kalk leitet. In jenem Falle füllt sich nämlich der, den Kalk umgebende Raum bald mit kohlensaurem Gas an, welches, nach dem Obigen, ein Hinderniß der weitern Entwicklung des noch rückständigen aus dem Kalk ist; in diesem Falle hingegen ist der Kalk beständig von einem Gas umgeben, welches verschieden von dem ist, das aus ihm entwickelt werden soll; mithin muß, da verschiedene Gasarten auf einander keinen Druck ausüben, die Entwicklung der Kohlensäure leichter von statten gehen. — Etwas ähnliches findet auch bei andern festen Körpern, aus welchen in der Hitze ein Gas ausgetrieben werden soll, statt. — Ebenso erklärt sich, warum ein mit Kohlensäuregas geschwängertes Wasser, in freier Luft, und bei der gewöhnlichen Temperatur sehr schnell seinen ganzen Gasgehalt verliert, während zur Austreibung desselben im Destillationsapparat völliges Kochen erfordert wird. Vergl. Bucholz u. Gehlen in des Letztern Journ. IV. 307. und Gay-Lussac über die Verdampfung der Körper in Gilb. A. XXVII. 147.

III. Von den räumlichen Verhältnissen der gasförmigen Körper.

§. 212.

Jeder gasförmige Körper vermag, je nach seiner expansiven Elasticität, eine Queckſilbersäule von bestimmter Höhe zu tragen, und es gilt hier das Gesetz: daß die expansive Elasticität sich wie die zusammendrückende Kraft verhalte.

So ist der tägliche Barometerstand ein Maaß für die expansive Elasticität aller, in der Atmosphäre befindlichen Gasarten.

§. 213.

So wie die Menge eines Gases in einem gegebenen Raum zunimmt, so nimmt auch die expansive Elasticität zu.

Digitized by Google

Da sich nun nach §. 206. die größtmögliche Menge eines unbeständigen Gases, welche aus einem verdunstbaren Körper (§. 208.) in die Luft übergehen kann, nach der Temperatur richtet, so wird auch die expansive Elasticität einer solchen Gasmenge, je nach Verschiedenheit der Temperatur, verschieden seyn.

§. 214.

Bestimmt man die expansive Elasticität (Tension) der, aus irgend einem verdunstbaren Körper in die Luft übergehenden, größten Gasmenge, für jeden Thermometergrad, durch die jedesmalige Höhe der Queckſilbersäule (§. 212.): so erhält man eine Tafel, woraus man auch deren Dichtigkeit und deren absolutes Gewicht bestimmen kann, wie der folgende §. zeigt.

Aus den vorhergehenden §§. ergiebt sich leicht das Verfahren, die Tension eines verdunstbaren oder flüchtigen Körpers für jeden Thermometergrad zu bestimmen. Kennt man nämlich die expansive Elasticität einer eingeschlossenen Quantität atmosph. Luft, und bringt man in diesen Luftraum so viel von dem verdunstbaren Körper, als davon für die gegebene Temperatur in Gasform übergehen kann, so zeigt die Zunahme der expansiven Elasticität des Luftgemengs, die Tension des flüchtigen Körpers, für diese Temperatur, an. Daß sich die eingeschlossene Luft mit dem gasförmigen Körper auch wirklich vollkommen gesättigt habe (§. 206.), erkennt man, wenn von dem flüchtigen Körper in dem Luftraume noch etwas in unveränderter Cohäsionsform übrig geblieben ist. — Läßt man den flüchtigen Körper im luftleeren Raume (in der Torricelliſchen Leere des Barometers) sich verflüchtigen, so bestimmt sich auf diese Weise die expansive Elasticität desselben für jeden Thermometergrad unmittelbar. Nach dem folgenden §. wird beim Siedepuncte (§. 203.) des verdunstbaren Körpers, stets das Queckſilber in der Barometerröhre bis zum Spiegel des sperrenden Queckſilbers herabgedrückt werden.

§. 215.

Die Tension aller verdunstbaren Körper bei ihrem Siedepuncte beträgt, bei gleichem Barometerstande, nach Dalton

gleichviel, und ist dem Barometerstande gleich. Da nun, ebenfalls nach Dalton, der Unterschied in der Tension aller flüchtigen Flüssigkeiten, bei gleichem Temperaturunterschiede, gleich ist, so fern von Temperaturen an gerechnet wird, bei welchen dieselben gleiche Tension haben: so werden die Tensionen aller verdunstbaren Körper, gleiche Temperaturgrade von ihrem Siedepuncte ab, einander gleich seyn. Für die Abnahme der Tensionen unter ihrem Siedepuncte, hat Gay—Lussac dieses Gesetz vollkommen richtig befunden.

So siedet z. B. das Wasser bei + 100°, der Alkohol bei + 80°, und der Aether bei + 39°; daher haben das Wasser bei + 70°, der Alkohol bei + 50°, und der Aether bei + 9° gleiche Tension, weil diese drei Temperaturen alle um gleichviel, nämlich um 30°, von ihrem Siedepuncte abstehen.

S. aber dagegen Andrew Ure in Schw. J. XXVIII. 346; nach welchem das obige Gesetz, bei Terpenthinöl und Steinöl, nicht statt findet.

§. 216.

Wenn daher die Tension eines verdunstbaren Körpers, z. B. des Wassers, für jeden Thermometergrad ausgemittelt worden, so kann man, mit Hülfe einer solchen Tabelle, die Tension jedes andern verdunstbaren Körpers, für jeden Thermometergrad, bestimmen, so fern nur dessen Siedepunct bekannt ist.

§. 217.

Wenn in einen, mit Luft von bekannter Expansivkraft erfüllten, Raum ein Gas eines verdunstbaren Körpers tritt, so ist, nach §. 214. Anm., die Expansivkraft des Gasgemengs der Summe der Expansivkräfte beider Gasarten gleich. Hat aber das Gasgemeng Freiheit sich auszudehnen, so wird es sich so weit ausdehnen, bis seine Expansivkraft dem Drucke der äussern Luft, folglich dem Barometerstande, bei welchem der Versuch angestellt wird, das Gleichgewicht hält. Nach

Digitized by Google

Dalton verhält sich das Volumen der Luft zum Volumen des Gasgemengs wie $1 : \frac{E}{E-e}$, wo E den Barometerstand, und e die Tension des verdunstbaren Körpers bedeutet.

Es sey z. B. E = 28 Zoll Queckſilberhöhe, ſo wird, wenn das Volumen von trockner Luft = 1, das Volumen der mit Waſſer, bei einer Temperatur von + 82°, in Berührung ſtehenden Luft $= \frac{28}{28-14} = 2$ ſeyn; denn aus der Tafel (§. 218.) ergiebt ſich, daß die Tenſion des Waſſers bei dieſer Temperatur faſt 14 Zoll iſt. — Für Aetherdampf iſt e nahe gleich 14 Zoll bei + 21°; daher muß, wenn Aether von + 21° Wärme zur Luft hinzugelaſſen wird, die unter einem Drucke von 28 Zollen Queckſilberhöhe ſteht, das Volumen der Luft ſich verdoppeln.

Für den Chemiker iſt es oft von großer Wichtigkeit, die Dichtigkeit des Waſſergaſes und die größte Menge des Waſſers, welche in irgend einem gegebenen Luftvolumen, bei verſchiedenen Thermometergraden enthalten ſeyn kann, zu kennen.

Wenn D die Dichtigkeit und E die Tenſion des Waſſergaſes bei der Temperatur T, ferner d die Dichtigkeit und e die Tenſion des Waſſergaſes bei der Temperatur, t iſt (beide Temperaturen nach dem Lufthermometer beſtimmt), ſo läßt ſich darthun, daß

$$d = \frac{eT}{tE} \cdot D$$

Setzt man nun bei der Temperatur des kochenden Waſſers $D = 0,0005893$, ſo iſt, nach der Tafel, T = 110 E = 28 pariſer Zolle; folglich

$$d = \frac{e}{t} \cdot \frac{110}{28} \cdot 0,0005893 = \frac{e}{t} \cdot 0,002315.$$

Jener Werth von D drückt aber die Dichtigkeit des Waſſergaſes bei 100° aus, wenn die Dichtigkeit des Waſſers bei ſeiner größten Dichte = 1 geſetzt wird. (Gay—Luſſac in Gilb. n. A. XV. 333, vergl. Berz. Lehrb. I. 364). Um demnach die Dichtigkeit des Waſſergaſes für irgend eine Temperatur zu beſtimmen, darf man bloß, nach der obigen Gleichung, die, der Temperatur

Digitized by Google

entsprechende, Tension mit dem beständigen Factor 0, 002315 multipliciren, und das Product durch die Temperatur, nach dem Luftthermometer gemessen (Spalte B), dividiren. Hiernach ist die Spalte D berechnet worden. Die Anwendung hievon, in vielen Fällen, will ich durch ein Beispiel zeigen. Gesetzt, irgend ein beständiges Gas sey durch tropfbarflüssiges Wasser gesperrt, so wird es nach §. 214. Anm. so viel Wasser im gasförmigen Zustande (Wassergas) enthalten, als es für die gegebene Temperatur enthalten kann; will man nun dessen Quantität dem Gewichte nach bestimmen, so darf man bloß das Gewicht des eingeschlossenen Gasraumes voll Wasser, bei seiner größten Dichtigkeit, bestimmen: multiplicirt man dieses Gewicht mit der, der Temperatur entsprechenden, Zahl in der Spalte D, so ist das Gesuchte gefunden. Z. B. der Gasraum voll Wasser wiege 100000 Gran, die Temperatur sey + 15°, so ist das Gewicht des in diesem Gasraum enthaltenen Wassers = 100000. 0,0000130 = 1,3 Gran. Auf ähnliche Weise läßt sich auch die Quantität irgend eines andern unbeständigen Gases, das den Raum eines beständigen Gases bis zum Maximum erfüllt hat, bestimmen; wenn nur seine Dichtigkeit bei seinem Siedepuncte bekannt ist, indem bloß in der obigen Gleichung für d die entsprechenden Werthe substituirt werden dürfen.

S. Fischers Lehrb. der mechan. Naturl. 2te Aufl. I. 450. — Von der Anwendung dieser Lehre auf Hygrometrie, mittelst Daniell's Hygrometer (Gilb. nn. A. V. 169, 403). mündlich.

§. 218.

Zur Abkürzung wird bemerkt, daß in der nun folgenden Tafel die Spalte A die Grade des 100theil. Quecksilberthermometers, die Spalte B die entsprechenden Grade des Luftthermometers, oder was nach §. 193. letzte Anm. dasselbe ist, die jenen Thermometergraden entsprechenden Expansivkräfte der Luft; die Spalte C die Expansivkräfte des Wassergases in Quecksilberhöhen nach pariser Zollen; und endlich die Spalte D die Dichtigkeiten des Wassergases, die Dichtigkeit des Wassers, bei seiner größten Dichte, als Einheit gesetzt, enthalten.

Digitized by Google

A	B	C	D
— 20	74	0, 0492	0, 0000015
— 19	74, 3	0, 0528	0, 0000016
— 18	74, 6	0, 0559	0, 0000017
— 17	74, 9	0, 0605	0, 0000019
— 16	75, 2	0, 0648	0, 0000020
— 15	75, 5	0, 0694	0, 0000021
— 14	75, 8	0, 0743	0, 0000023
— 13	76, 1	0, 0795	0, 0000024
— 12	76, 4	0, 0850	0, 0000026
— 11	76, 7	0, 0909	0, 0000028
— 10	77	0, 0972	0, 0000029
— 9	77, 3	0, 1039	0, 0000031
— 8	77, 6	0, 1110	0, 0000033
— 7	77, 9	0, 1186	0, 0000035
— 6	78, 2	0, 1266	0, 0000037
— 5	78, 5	0, 1352	0, 0000040
— 4	78, 8	0, 1443	0, 0000042
— 3	79, 1	0, 1540	0, 0000045
— 2	79, 4	0, 1643	0, 0000048
— 1	79, 7	0, 1753	0, 0000051
0	80	0, 1869	0, 0000054
+ 1	80, 3	0, 1992	0, 0000057
2	80, 6	0, 2123	0, 0000061
3	80, 9	0, 2262	0, 0000065
4	81, 2	0, 2410	0, 0000069
5	81, 5	0, 2566	0, 0000073
6	81, 8	0, 2732	0, 0000077
7	82, 1	0, 2908	0, 0000082
8	82, 4	0, 3094	0, 0000087
9	82, 7	0, 3291	0, 0000092
10	83	0, 3500	0, 0000098
11	83, 3	0, 3721	0, 0000103

Digitized by Google

A	B	C	D
+ 12	83,6	0,3955	0,0000110
13	83,9	0,4203	0,0000116
14	84,2	0,4465	0,0000123
15	84,5	0,4742	0,0000130
16	84,8	0,5035	0,0000137
17	85,1	0,5344	0,0000145
18	85,4	0,5671	0,0000154
19	85,7	0,6017	0,0000163
20	86	0,6396	0,0000172
21	86,3	0,6766	0,0000181
22	86,6	0,7173	0,0000192
23	86,9	0,7601	0,0000202
24	87,2	0,8055	0,0000214
25	87,5	0,8529	0,0000226
26	87,8	0,9033	0,0000238
27	88,1	0,9560	0,0000251
28	88,4	1,0118	0,0000265
29	88,7	1,0729	0,0000280
30	89	1,1320	0,0000294
31	89,3	1,1972	0,0000310
32	89,6	1,2656	0,0000327
33	89,9	1,3368	0,0000344
34	90,2	1,4131	0,0000363
35	90,5	1,4925	0,0000382
36	90,8	1,5789	0,0000403
37	91,1	1,6637	0,0000423
38	91,4	1,7576	0,0000445
39	91,7	1,8524	0,0000468
40	92	1,9577	0,0000493
41	92,3	2,0602	0,0000517
42	92,6	2,1718	0,0000543
43	92,9	2,2887	0,0000570

Digitized by Google

A	B	C	D
+ 44	93,2	2,4243	0,0000602
45	93,5	2,5397	0,0000628
46	93,8	2,6742	0,0000660
47	94,1	2,8150	0,0000693
48	94,4	2,9624	0,0000726
49	94,7	3,1166	0,0000762
50	95	3,2781	0,0000799
51	95,3	3,4465	0,0000837
52	95,6	3,6229	0,0000877
53	95,9	3,8070	0,0000919
54	96,2	3,9995	0,0000962
55	96,5	4,2004	0,0001008
56	96,8	4,4103	0,0001054
57	97,1	4,6290	0,0001104
58	97,4	4,8576	0,0001155
59	97,7	5,0955	0,0001207
60	98	5,3437	0,0001262
61	98,3	5,6038	0,0001320
62	98,6	5,8720	0,0001379
63	98,9	6,1527	0,0001440
64	99,2	6,4449	0,0001504
65	99,5	6,7493	0,0001570
66	99,8	7,0655	0,0001639
67	100,1	7,3946	0,0001710
68	100,4	7,7367	0,0001784
69	100,7	8,0921	0,0001860
70	101	8,4618	0,0001940
71	101,3	8,8453	0,0002021
72	101,6	9,2435	0,0002106
73	101,9	9,6572	0,0002194
74	102,2	10,0857	0,0002284
75	102,5	10,5305	0,0002378

Digitized by Google

A	B	C	D
+ 76	102,8	10,9922	0,0002475
77	103,1	11,4695	0,0002575
78	103,4	11,9645	0,0002679
79	103,7	12,4769	0,0002785
80	104	13,0058	0,0002895
81	104,3	13,5570	0,0003009
82	104,6	14,1251	0,0003126
83	104,9	14,7125	0,0003247
84	105,2	15,3201	0,0003371
85	105,5	15,9474	0,0003499
86	105,8	16,5957	0,0003631
87	106,1	17,2650	0,0003767
88	106,4	17,9562	0,0003907
89	106,7	18,6687	0,0004050
90	107	19,4038	0,0004198
91	107,3	20,1619	0,0004350
92	107,6	20,9431	0,0004506
93	107,9	21,7481	0,0004666
94	108,2	22,5770	0,0004830
95	108,5	23,4299	0,0004999
96	108,8	24,3084	0,0005172
97	109,1	25,2149	0,0005350
98	109,4	26,1399	0,0005531
99	109,7	27,0940	0,0005718
100	110	28,0744	0,0005908

Da in Deutschland das Barometer, fast ohne Ausnahme, nach pariser Zollen eingetheilt wird, so gab ich mir die Mühe, die aus Biot (Traité de Phys. expérimentale et mathém. I. 531.) entlehnte Tafel der Tension des Wassers in Millimetern, auf pariser Zolle zu reduciren. Es wurde gesetzt 1 Meter = 443,28 paris. Linien. (Die genauere Bestimmung 443,"296 bei 9 1/4° Temp. Voigt's Magaz. II. 410 ist mir erst bekannt geworden, nachdem obige Reductionen schon gemacht waren; welche Differenz übrigens keinen merklichen Einfluß auf die obigen Resultate hat).

§. 219.

So wie sich eine unbeständige Gasart bei der Verdunstung in der Luft verhält, so verhält sie sich auch, wenn sie in einer andern unbeständigen Gasart verdunstet. Wenn daher zwei mit einander bloß gemengte, flüchtige Flüssigkeiten der Destillation (§. 233.) unterworfen werden, so läßt sich, der Siedepunct beider als bekannt vorausgesetzt, das relative Volumen, welches von ihnen in Gasform übergeht, im Voraus bestimmen.

§. 220.

Wenn das Wasser (mit gewisser Einschränkung wahrscheinlich auch andere flüchtige Flüssigkeiten) andere Stoffe aufgelöst enthält, so verliert es an seiner Neigung zum Verdunsten, d. h. an seiner Tension, und es erfordert dann zum Sieden eine um so höhere Temperatur, je größer seine Verwandtschaft zu den aufgelösten Stoffen ist. Solches Wasser hat zwar bei einer gleichen Anzahl Grade unter dem höhern Siedepuncte gleiche Tension mit reinem Wasser; allein sie wird durch die Verdunstung des Wassers, und der relativen Zunahme der darin aufgelösten Stoffe verändert, indem diese gewöhnlich geringere Flüchtigkeit besitzen. Daher wird die Tension immer schwächer, je mehr sich die Flüssigkeit concentrirt. Ist endlich die Flüssigkeit mit den aufgelösten Stoffen völlig gesättigt, so bleibt die Tension unveränderlich. Gewisse Stoffe, welche eine große Verwandtschaft zum Wasser haben, verbinden sich mit demselben mit solcher Kraft, daß dadurch dessen Tension = 0 wird.

Uebergang aus dem festen in den gasförmigen Zustand, mit Ueberspringung des tropfbarflüssigen Zustandes.

§. 221.

Ob ein Körper aus dem festen Zustande sogleich in den gasförmigen übergehe, oder ob er vorher die tropfbar-

Digitized by Google

flüssige Cohäsionsform annehme, hängt lediglich von dem Drucke der Luft ab, dem er ausgesetzt ist. So verdunsten viele feste Körper unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre, ohne vorher zu schmelzen; dieselben würden aber ohne Zweifel schmelzen, wenn wir nach Gefallen den Druck der Luft steigern könnten. Auf der andern Seite sehen wir, daß Körper, welche unter den gewöhnlichen Umständen die beiden flüssigen Cohäsionsformen durchlaufen, im luftverdünnten Raume sogleich aus dem festen in den gasförmigen Zustand übergehen. Theilweise erfolgt dieß übrigens auch im luftvollen Raume; denn viele feste Körper, an der Luft liegend, verbreiten einen mehr oder weniger merklichen Geruch um sich, und nehmen nach und nach am Gewichte ab, welches ein untrügliches Zeichen ist, daß sie verdunsten, ohne daß man aber ein vorhergehendes Schmelzen wahrnimmt. Man kann allgemein festsetzen: der Uebergang aus dem festen in den tropfbarflüssigen Zustand erfordert jederzeit eine bestimmte Temperatur; der Uebergang in den gasförmigen Zustand hingegen kann wahrscheinlich bei jedem Temperaturgrade statt finden, und hört vielleicht nur beim absoluten Nullpuncte (§. 195. letzte Anm.) auf; obgleich diese Verdunstung bei den meisten Körpern unter ihrem Schmelzpuncte so unbedeutend ist, daß man sie gleich Null setzen kann. Hieraus ergiebt sich nun von selbst, daß nothwendig jeder Körper, wenn er unter seinem Schmelzpuncte verdunstet, den tropfbarflüssigen Zustand überspringen müsse. Da ferner nach §. 206. die Verdunstung im luftleeren Raume bei weitem schneller erfolgt, als in der Luft, so kann es geschehen, daß ein in der Leere sich befindender fester Körper, bei zunehmender Temperatur, schon ganz verdunstet ist, ehe ihn noch die Schmelzhitze erreichen konnte; sofern nur auch der Raum die Verbreitung des entstehenden Gases gestattet. Ueberhaupt würden wir manche unserer tropfbaren Flüssigkeiten gar nicht mehr in diesem Zustande kennen, wenn der Druck der Luft plötzlich aufhören sollte.

Digitized by Google

Man sieht leicht ein, daß der verschiedene Erfolg, hinsichtlich des Ueberganges aus der festen in die beiden flüssigen Cohäsionsformen, von mancherlei Umständen abhängig ist. Befindet sich z. B. unter dem Recipienten der Luftpumpe ein leicht verdunstbarer fester Körper, und ist der Raum des Recipienten groß genug, um ihn in seinem gasförmigen Zustande ganz aufnehmen zu können: so wird ihn der Schmelzpunct nicht, und selbst in dem Falle nicht erreichen, wenn auch seine Temperatur in einem Augenblick bis zum Schmelzpuncte erhöht werden könnte. Ist hingegen der Raum des Recipienten nicht zur Aufnahme des ganzen, gasförmig werdenden Körpers zureichend, so wird in dem Augenblicke, wo der Raum ganz erfüllt ist, die Verdunstung aufhören, und der noch übrige feste Körper wird dann bei fortwährend gesteigerter Temperatur zum Schmelzen kommen. — So läßt sich denn auch die Möglichkeit einsehen, daß alle flüchtige, feste Körper, welche unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre nicht schmelzen können, im eingeschlossenen Raume (z. B. im Papinischen Digestor §. 204.) zum Schmelzen gebracht werden würden, wenn nur die Cohäsion der sperrenden Wände, der, durch die fortwährende Erhitzung, in einem sehr hohen Grade gesteigerten Expansivkraft des bereits in den gasförmigen Zustand übergegangenen flüchtigen Körpers widerstehen könnte.

Beispielsweise heben wir aus: unter denjenigen Körpern, die weit unter ihrem Schmelzpuncte in der Luft, und um so leichter in der Leere verdunsten, das Eis, welches sogar unter dem Gefrierpuncte des Quecksilbers noch verdunstet. — Die Verdunstung des Eises kann man sehr augenscheinlich wahrnehmen, wenn dasselbe unter die Luftpumpe neben Schwefelsäure gebracht, und einer Temperatur mehrere Grade unter 0° ausgesetzt wird: es nimmt nach und nach ab, und nach einigen Tagen ist es ganz verschwunden. — Zu den, nur in höherer Temperatur, sogleich aus dem festen in den gasförmigen Zustand übergehenden Körpern gehören unter andern: Arsenikoxyd, Zinnober, Auripigment, Aetzender Sublimat, Selensäure, Gallussäure, Salmiak u. s. w.

Schließlich ist noch zu erinnern, was sich übrigens von selbst versteht, daß der gasförmige Zustand, er mag unmittelbar aus dem

Digitized by Google

festen oder aus dem tropfbarflüssigen hervorgegangen seyn, stets derselbe ist, und alles daher, was in den vorigen §§. hierüber gelehrt worden, gilt auch hier.

* * *

De Luc über Verdunstung in Gren's J. VIII. 141. 293. — De Betancourt, Mémoire sur la force expansive de la vapeur de l'eau et de l'esprit de vin. Paris 1792. — Schmidt über die Expansivkraft, Dichte und latente Hitze des reinen Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen in Gren's n. J. IV. 251. — Biker und Roupe in Gilb. A. X. 257. — Dalton Vers. über die Expansivkraft der Dämpfe von Wasser und andern Flüssigkeiten, sowohl im luftleeren Raume als in der Luft, in Gilb. A. XV. 1. Ebend. Vers. über die Verdunstung eb. 121. Vergl. auch XXVII. 369 u. 388. Auch ebend. System I. 164 ff. Gilbert's Bemerkungen eb. XV. 25. Parrots Bemerk. gegen Dalton eb. XVII. 82. — Soldner eb. 44 u. XXV. 411. Bemerkungen für und wider Dalton's neue Theorie eb. XXI. 377 ff. — Tralles eb. XXVII. 460. — Erman über Dalton's Hygrologie eb. u. A. X. 389. — Muncke über Elasticität und Dichtigkeit der Dämpfe in Schw. J. XXII. 1.

Die Cohäsionsform in ihrer Abhängigkeit vom Wärmestoff überhaupt.

§. 222.

Aus den §§. 199. u. 201. ergiebt sich, daß die drei verschiedenen Cohäsionsformen, unter welchen die irdischen Körper (im engern Sinn) erscheinen können, bloß von der größeren oder geringeren Menge gebundenen Wärmestoffs abhängig sind. Man pflegt diese drei Cohäsionsformen, welche ein und derselbe Körper durchlaufen kann, die Stufenleiter der gebundenen Wärme zu nennen. Ein Körper wird

Digitized by Google

daher auf der Stufenleiter der gebundenen Wärme hinauf steigen, wenn er aus dem festen Zustand in den flüssigen übergeht, und umgekehrt wird er hinabsteigen, wenn er aus dem flüssigen in den festen übergeht.

§. 223.

Einige unterscheiden zwischen dem tropfbarflüssigen und gasförmigen Zustand noch einen Mittelzustand, in welchen die unbeständigen Gasarten durch Abkühlung erst übergehen, ehe sie tropfbar werden. Sie nennen ihn Dampf, während, wie §. 209. Anm. bemerkt worden, diese Benennung von den meisten Physikern zur Bezeichnung einer unbeständigen Gasart gebraucht wird. Es ist dieß aber kein besonderer Zustand, sondern ein solcher Dampf besteht entweder aus tropfbarflüssigen oder festen, in der Luft angehäuften, Theilchen, die sich noch nicht vereinigt haben, und wahrscheinlich nach denselben Gesetzen sich eine Zeitlang schwebend erhalten können, als Staub oder andere, in einem sehr fein zertheilten Zustand, in der Luft enthaltene Körperchen.

Sehr passend kann man den Dampf Nebel nennen, wenn er aus tropfbarflüssigen; Rauch hingegen, wenn er aus festen Theilchen besteht. — So bildet Wasser, welches in einem, zu einer feinen Spitze ausgezogenen Glasgefäße siedet, und als durchsichtiges Wassergas entweicht, sobald es aus der Röhre hervortritt, einen Nebel, da ihm ein Theil seines gebundenen Wärmestoffs von der umgebenden Luft entzogen wird, so daß es in sehr kleinen Tröpfchen, oder richtiger in kleinen Bläschen, die wahrscheinlich aus, noch nicht verdichtetem, Wassergas und einer Haut von tropfbarem Wasser bestehen, sich niederschlägt. — Gasarten, welche sich von brennenden kohlenstoffhaltigen Körpern erheben, führen fein zertheilten (jedoch nicht reinen) Kohlenstoff mit sich fort, und bilden den Rauch.

§. 224.

Wir nennen einen Stoff, welcher als solcher bei irgend einer Temperatur im gasförmigen Zustand bestehen kann,

Digitized by Google

flüchtig, und den Uebergang aus der festen oder tropfbarflüssigen Cohäsionsform in die gasförmige, dieser mag durch Sieden oder Verdunstung erfolgen, Verflüchtigung. Ein Stoff hingegen, der, auch in der höchsten Temperatur, im festen oder liquiden Zustande beharret, wird feuerbeständig genannt.

Gewisse Stoffe zeigen sich allerdings feuerbeständig, wenn sie auch der höchsten Temperatur ausgesetzt werden, welche wir hervorbringen können; ob sie aber absolut feuerbeständig sind, läßt sich eben so wenig, als die Frage im §. 209., entscheiden. Gewöhnlich wird übrigens der Begriff der Feuerbeständigkeit nur in Beziehung auf eine mehr oder weniger hohe (nicht auf die höchstmögliche) Temperatur genommen.

Aus dem oben aufgestellten Begriffe der Flüchtigkeit ergiebt sich von selbst, mit Zuziehung von §. 209. Anm., daß die beständigen Gasarten, für unsere Beobachtung, absolut flüchtig sind. Man könnte sie in Beziehung auf feuerbeständig, kältebeständig nennen.

Was nun den Grad der Flüchtigkeit der gemischten Stoffe, im Verhältnisse zu dem ihrer Bestandtheile, betrifft, so läßt sich im Allgemeinen festsetzen. 1) Flüchtige Stoffe verlieren in Verbindung mit feuerbeständigen weit häufiger von ihrer Flüchtigkeit, als diese von ihrer Feuerbeständigkeit, ja es ist sogar sehr oft der Fall, daß ein Gemisch aus beiden noch feuerbeständiger ist, als der feuerbeständige Stoff für sich allein. So sind alle Metalloxyde feuerbeständiger Metalle ebenfalls feuerbeständig, und meistens in einem noch höheren Grade als die Metalle für sich; ja sogar einige Oxyde flüchtiger Metalle sind sehr feuerbeständig. — Alle Schwefelmetalle feuerbeständiger Metalle sind auch feuerbeständig. — Viele Chlorinmetalle feuerbeständiger Metalle sind ebenfalls feuerbeständig. — Sehr viele Salze flüchtiger Säuren mit feuerbeständigen Basen sind feuerbeständig u. s. w. Dagegen werden Kohlenstoff mit dem Sauerstoff, Kieselerde mit der Flußsäure, verschiedene Metalle mit Wasserstoff zu, meist permanenten, gasförmigen Stoffen. 2) Es ist

Digitized by Google

kein einziger Fall bekannt, wo durch Mischung zweier fester oder tropfbarflüssiger Körper, oder eines festen mit einem tropfbarflüssigen ein beständiges Gas entstünde, sondern stets muß einer der beiden Bestandtheile ein beständiges Gas seyn.

In Vergleichung mit §. 200. Anm. ersieht man, daß Schmelzbarkeit und Flüchtigkeit in so fern einander entgegengesetzt sind, als nach eben ang. Syhen, Schmelzbarkeit mit der Mischung zweier fester Stoffe im Allgemeinen zunimmt, während Flüchtigkeit mit der Mischung zweier Stoffe im Allgemeinen abnimmt.

Von dem Begriff der Feuerbeständigkeit unterscheiden noch Einige den der Feuerfestigkeit. Sie nennen nämlich einen Stoff feuerfest, wenn er in einem hohen Hitzgrade ganz ungeändert bleibt, sich also weder verflüchtigt, noch schmilzt, noch weich wird, noch reißt, noch verbrennt. Die Holzkohle oder eigentlich der Kohlenstoff ist der einzige Körper, welcher, mit Ausnahme der Brennbarkeit, diese Eigenschaften auch in dem höchsten uns bekannten Hitzegrade beibehält.

§. 225.

Die Art und Weise, wie der Wärmestoff mit den Körpern vereinigt ist, geht von der losesten Adhäsion bis zur innigsten chemischen Verbindung. Oben (§. 194. und 199.) haben wir den Unterschied zwischen freier und gebundener Wärme kennen gelernt: jene adhärirt gleichsam nur mit geringer Kraft an Körpern, und geht daher leicht aus einem in den andern über; diese kann den Körper, an welchen sie gebunden, so lange nicht verlassen, als sich nicht dessen Cohäsionsform verändert. Daß aber auch die freie Wärme in verschiedenem Grade an den Körpern haftet, zeigt deren verschiedene Ableitungsfähigkeit (§. 182.), oder auch die Erscheinung, daß Körper von ungleichen Wärmemengen dennoch gleiche Wirkungen auf das Thermometer hervorbringen. Der sehr verschiedene Grad der chemischen Verwandtschaft, welchen wir zwischen den Körpern und dem gebundenen Wärmestoff an-

Digitized by Google

nehmen müssen, zeigt sich am auffallendsten zwischen den beständigen und unbeständigen Gasarten (§. 209.). Bei jenen muß der Grad der chemischen Verwandtschaft, zwischen der wägbaren Grundlage und dem Wärmestoffe, so beträchtlich seyn, daß der letztere sein Bestreben nach gleichmäßiger Verbreitung, (§. 177.) so weit unsere Beobachtungen reichen, gänzlich verloren hat, indem er bei keinem Kältegrade die wägbare Grundlage zu verlassen und als freie Wärme zu erscheinen gezwungen werden kann. Zwischen den wägbaren Grundlagen und dem Wärmestoffe der unbeständigen Gasarten muß der Grad der chemischen Verwandtschaft unvergleichbar geringer seyn, da jede, auch noch so geringe, Temperatur-Erniedrigung unter die, zum Bestehen eines solchen unbeständigen Gases nöthige Temperatur, sogleich, wenigstens ein theilweises Freiwerden des gebundenen Wärmestoffs zur Folge hat. — Aus allem diesen folgt nun, daß wir in jedem flüssigen Körper den Wärmestoff in zwei verschiedenen Zuständen bestehend annehmen müssen: erstens als gebundene Wärme, wie es scheint, nach einem unveränderlichen, quantitativen Verhältnisse; zweitens als freie Wärme, welche sich nach allen Verhältnissen (wovon jedoch bei den tropfbarflüssigen Körpern eines als Maximum gilt) in und um jeden Körper anhäufen kann. Ob auch die festen Körper, in dem Sinne, gebundene Wärme enthalten, wie die flüssigen, läßt sich durch das Experiment nicht entscheiden, da wir keine niedrigere Cohäsionsform als die feste kennen; es ist indeß sehr wahrscheinlich, daß auch die festen Körper gebundene Wärme, und zwar in einem sehr hohen Grade enthalten, da unter gewissen Umständen (vergl. §. 246.) eine große Menge freier Wärme aus ihnen entwickelt werden kann. Wenn es möglich wäre, allen Wärmestoff einem Körper zu entziehen, und ihn, in diesem Zustande der gänzlichen Abwesenheit des Wärmestoffs zu beobachten, so würde uns vielleicht ein solches Experiment die beste Aufklärung über die Natur des Wärmestoffs und über sein Verhältniß zur ponderablen Materie verschaffen.

Digitized by Google

So wunderbar uns auch immer das Verhalten des Wärmestoffs zu den Körpern erscheinen mag, so finden wir doch in der That eine auffallende Aehnlichkeit zwischen seinen Verbindungen mit den Körpern, und denjenigen, welche diese unter einander eingehen. Bei Betrachtung der Salze wird sich ergeben, daß bei Verbindung sehr ungleicher Quantitäten einer Säure mit verschiedenen Basen, stets ein Zustand der Neutralität (§. 90.) eintrete, in welchem weder die Säure noch die Base ihre ursprünglichen Eigenschaften mehr zeigt. Diesen Zustand könnte man vielleicht vergleichen mit dem, worin sich verschiedene Körper befinden, welche zwar ungleiche Mengen Wärmestoff enthalten, dennoch aber gleiche Temperaturen zeigen. So wie dort häufig ein Vorwalten des einen oder des andern Bestandtheils statt finden kann, so auch hier, wo stets ein Theil des Wärmestoffs seine, ihm zukommenden Wirkungen auf das Gefühl und auf das Thermometer auch noch äussern kann, während ein anderer Theil diese Eigenschaften nicht mehr besitzt. Es ist übrigens nicht zu läugnen, daß bei weiterer Verfolgung dieser Aehnlichkeit, eine nicht leicht zu beseitigende Schwierigkeit in der strengen Unterscheidung der freien und gebundenen Wärme, in den Weg tritt. Dieß hat wahrscheinlich auch Irwine und Dalton veranlaßt, gar keinen Unterschied zwischen freier und gebundener Wärme zu setzen; wodurch man freilich wieder auf andere Schwierigkeiten stößt.

Behalten wir den Unterschied zwischen freier und gebundener Wärme bei, und forschen wir nach einem möglichen Verhältnisse, zwischen den Graden der Verwandtschaft der Körper zum Wärmestoff und den relativen Mengen, welche von jenen davon aufgenommen werden: so müssen wir zunächst freie und gebundene Wärme unterscheiden. Oben (§. 194. Anm.) ist als wahrscheinlich angenommen worden, daß aus einer größeren Wärmecapacität eines Körpers auf eine größere Verwandtschaft zum Wärmestoff geschlossen werden darf. Hiefür spricht auch, daß die Zeiten der Erkaltung der Körper mit ihren Wärmecapacitäten in geradem Verhältnisse stehen. Dieß wäre demnach eine Beziehung zwischen dem Verwandtschaftsgrade und der freien Wärme. Sucht man eine ähnliche, hinsichtlich der gebundenen Wärme, und geht man von Gay—Lussac's Erfahrung (§. 208. Anm.) aus, so müssen wir die geringste Menge

Digitized by Google

gebundener Wärme in den beständigen Gasarten annehmen, worin aber, nach §. 210. Anm., die größte Verwandtschaft zwischen der wägbaren Grundlage und der gebundenen Wärme gedacht werden muß. Hier fände also gerade das entgegengesetzte Verhältniß statt. Da es uns indeß an Mitteln fehlt, die gebundene Wärme in allen Körpern zu bestimmen, so würde es viel zu voreilig seyn, aus einigen wenigen Thatsachen einen allgemeinen Schluß ziehen zu wollen. Ueberhaupt aber möchten solche Größenverhältnisse zwischen dem Wärmestoffe und den Körpern eben so wenig aufzufinden seyn, als zwischen den relativen Quantitäten, in welchen sich letztere mit einander verbinden, und dem Grade ihrer chemischen Verwandtschaften bis jetzt irgend eine Beziehung entdeckt worden ist. So wie wir Ursache haben, uns die Anziehung zwischen den wägbaren Bestandtheilen eines zusammengesetzten Körpers als wechselseitig zu denken: so findet ohne Zweifel auch eine gegenseitige Verwandtschaft zwischen einem wägbaren Stoffe und einem unwägbaren statt. Es ist aber leicht einzusehen, daß unter dieser Voraussetzung, von einer Beziehung zwischen den Quantitäten der sich verbindenden Substanzen und dem Grade ihrer gegenseitigen Verwandtschaften, gar keine Rede mehr seyn kann. Vergl. mein Lehrb. der Stöchiom. S. 9—12.

Der chemische Proceß in seiner Abhängigkeit von dem Wärmestoff.

§. 226.

Die von dem Wärmestoff, in seinen Wirkungen auf die Körper, abhängigen Erscheinungen, welche der Gegenstand der bisherigen Betrachtungen waren, bezogen sich größtentheils auf die Körper, ohne Rücksicht, ob dieselben einfach oder zusammengesetzt (§. 27.), verbunden oder unverbunden seyen. Für die Chemie ist es aber von besonderer Wichtigkeit, die Wirksamkeit des Wärmestoffs, sofern er die chemische Verwandtschaft zwischen den Körpern entweder hervorruft, oder aufhebt, oder modificirt, d. h. sofern er überhaupt ein, chemische Processe einleitendes oder gar bedingendes, Mittel ist, kennen zu lernen.

Digitized by Google

§. 227.

Da nach §. 63. jede Mischung einen **bestimmten** Wärmegrad erfordert, so ergiebt sich schon hieraus die Abhängigkeit des chemischen Processes (§. 85.) von dem Wärmestoff. Allein noch mehr aus dem Umstand, daß die Mischung zweier Körper mit einander eine wechselseitige Durchdringung bis in ihre kleinsten Theile erfordert; eine solche Durchdringung setzt aber eine leichte Beweglichkeit der kleinsten Theile voraus, weil ausserdem die Cohäsion (§. 37.) zu stark entgegenwirken würde; und ein solche leichte Beweglichkeit endlich kann nur im flüssigen Zustande statt finden, wovon der Wärmestoff die Ursache ist. Diesem scheint nun zwar zu widersprechen, daß, nach §. 64., doch auch feste Körper, als solche, sich mit einander mischen können; allein auch diese enthalten noch mehr oder weniger Wärmestoff, und es ist daher sehr wahrscheinlich, daß derselbe auch in diesen Fällen eine wichtige Rolle spielen werde. Könnten wir zweien festen Körpern allen Wärmestoff entziehen, so ist zu bezweifeln, ob in diesem Zustand je eine Mischung zwischen ihnen möglich seyn könnte.

§. 228.

Die Abhängigkeit des chemischen Processes von dem Wärmestoff zeigt sich ferner darin, daß häufig Gemische, welche in einer gewissen Temperatur entstanden sind, in einer andern, höhern oder niedern, wieder zersetzt werden; daß, nach §. 84., in vielen Fällen Zerlegungen durch doppelte Wahlverwandtschaft in gewöhnlicher Temperatur ganz anders erfolgen, als in höherer.

So wird z. B. ein Gemisch aus Quecksilber und Sauerstoff, welches in der Temperatur der Siedehitze des Quecksilbers entstanden ist, in höherer, in der Glühehitze zersetzt. — Mehrere Metallgemische aus einem leicht- und strengflüssigen Metalle, welche bei einer gewissen Temperatur entstanden sind, erleiden in höherer eine Zersetzung. — Organische Substanzen, welche sich in der gewöhnlichen Temperatur über dem Eispunct des Wassers gebildet haben, zersetzen sich unter demselben.

Digitized by Google

Hieher scheinen auch einige Erscheinungen zu gehören, wo verschiedene zusammengesetzte Substanzen in der Wärme gerinnen, durch Erkaltung aber wieder flüssig werden. De Lassone (Crell's chem. J. IV. 109) hat dieß zuerst bei mehreren weinsteinsauren Salzen, wenn deren wässrigen Lösungen Aetzkalk zugesetzt wird, bemerkt. Ebenso fand Lowitz (Crell's chem. A. 1792. I. 347), daß der in einer wässrigen Zuckerlösung gelöste Kalk, bei Erwärmung der Lösung niederfällt, bei Erkaltung derselben sich aber wieder löset. Etwas Aehnliches bemerkte Gay — Lussac (Schw. J. V. 49 u. XXI. 96) bei der, mit einigen anderen Salzen vermengten, essigsauren Thonerde. Dieser Chemiker fand, daß die Trübung einer wässrigen Lösung der essigsauren Thonerde, wenn sie einer, die Siedehitze nicht übersteigenden, Temperatur ausgesetzt wird, von der sich ausscheidenden Thonerde herrühre. Osann (Ueber die in der Wärme gerinnenden und durch Erkaltung wieder flüssig werdenden Substanzen, in Gilb. nn. A. IX. 283 ff.) hat es wahrscheinlich zu machen gesucht, daß auch in allen übrigen Fällen die Trübung der Lösung in der Wärme von irgend einer Zersetzung herrühre. — Wenn eine solche Zersetzung, bei allen diesen Erscheinungen, durch Versuche sich nachweisen lassen sollte, so fällt das Auffallende derselben weg: sie reihen sich dann den Zersetzungen an, wo der Wärmestoff überhaupt als Scheidungsmittel (§. 73.) wirkt, und man hat nicht nöthig, zu irgend einer Hypothese seine Zuflucht zu nehmen. — Allein Buchholz und Gehlen (in des Letzteren J. IV. 304 und 309) bemerkten ein ähnliches Verhalten beim Schwefel, welcher, wenn er durch langanhaltendes Schmelzen dickflüssig geworden, während des Abkühlens wieder dünnflüssig wird. In diesem Falle kann jene Erklärung, da wir es hier mit einem einfachen Körper zu thun haben, nicht statt finden; denn eben deßhalb annehmen zu wollen, der Schwefel sey ein zusammengesetzter Körper, möchte sich um so weniger rechtfertigen lassen, da kaum zu erwarten ist, daß dieser Stoff, welcher bisher jeder versuchten Zerlegung, selbst durch die kräftigsten Zerlegungsmittel, widerstanden hat, so leicht durch geringe Temperaturunterschiede zerlegbar seyn sollte; besonders da der folgende §. zeigt, daß die Wärme nur bei solchen Gemischen als Scheidungsmittel wirke, in welchen die Bestandtheile durch keine sehr starke Verwandtschaft

Digitized by Google

in Verbindung gehalten werden. Diese Erscheinung, die Erstarrung des Schwefels in höherer Temperatur und das Flüssigwerden beim Erkalten, muß daher bis jetzt noch zu den unerklärten Erscheinungen gezählt werden.

Vergl. Schweigger in dess. Journ. V. 57 ff.

§. 229.

Bei den Zersetzungen der Gemische in höherer Temperatur bemerkt man stets, daß der Wärmestoff die stärksten Grade der chemischen Verwandtschaft nicht zu überwinden vermag, und daß in dem Falle, wo zwei Stoffe durch starke Verwandtschaft zu einander in Vereinigung gehalten werden, höchstens nur eine theilweise Zersetzung, nach bestimmten oder nach unbestimmten Verhältnissen, erfolgen kann.

So werden die Metalloxyde edler Metalle in der Glühehitze zersetzt, in ihnen ist aber auch der Sauerstoff nur mit geringer Verwandtschaft an das Metall gebunden. — Mennige, Braunstein, geben in der Glühehitze nur einen Theil ihres Sauerstoffs ab, der zurückbleibende Antheil wird hingegen mit desto größerer Verwandtschaft zurückgehalten. — Schwefelkies verliert in der Hitze einen Theil seines Schwefels und verwandelt sich dadurch in Schwefeleisen mit dem geringsten Schwefelgehalt, aus welchem aber der Schwefel durch bloße Erhitzung nicht abgeschieden werden kann.

§. 230.

Ueberhaupt aber zeigt sich eine merkwürdige Verschiedenheit in dem Verhalten des Wärmestoffs zu den Gemischen der ersten und der zweiten Art. Der Wärmestoff wirkt in manchen Fällen als Scheidungsmittel auf Gemische der ersten Art, wenn deren Bestandtheile einen sehr verschiedenen Grad der Schmelzbarkeit besitzen, indem nämlich aus einem solchen Gemische der leichtflüssigere Stoff herausschmilzt, wenn es einem Temperaturgrade ausgesetzt wird, der etwas höher ist, als der Schmelzpunct (§. 200.) des leichtflüssigeren Bestandtheils. Es

Digitized by Google

ist aber kein einziger Fall bekannt, wo ein Gemisch der zweiten Art durch bloßes Herausschmelzen des leichtflüssigeren Bestandtheils zerlegt werden könnte.

So schmilzt aus dem bleihaltigen Kupfer (Saigerkupfer) das Blei heraus, wenn das Gemisch einem etwas höheren Hitzgrade als der Schmelzpunct des Blei's ist, ausgesetzt wird. — So wird das Wismuth, aus den strengflüssigen Kobalterzen herausgeschmolzen u. s. w. Dieß sind aber lauter Gemische der ersten Art.

§. 231.

Der Wärmestoff wirkt ferner durchaus als Scheidungsmittel auf Gemische der ersten Art, wenn deren Bestandtheile einen sehr verschiedenen Grad der Flüchtigkeit besitzen, indem nämlich aus einem solchen Gemisch der flüchtigere Stoff sich verflüchtigt, wenn es einer Hitze ausgesetzt wird, die etwas größer ist, als der Siedepunct (§. 203.) des flüchtigeren Bestandtheils. In dieser Hinsicht kann aber auch der Wärmestoff als Scheidungsmittel auf sehr viele Gemische der zweiten Art wirken. Wir stoßen hier indeß sogleich auf den wohl zu beachtenden Unterschied, daß, um ein Gemisch der ersten Art durch den Wärmestoff zu zerlegen, gewöhnlich eine Temperatur hinreicht, welche nur etwas höher als die Siedehitze des flüchtigeren Bestandtheils ist; dagegen in den meisten Fällen eine, bei weitem beträchtlichere Temperaturerhöhung über den Siedepunct eines flüchtigeren Bestandtheils von einem Gemisch der zweiten Art, statt finden muß, wenn eine Zerlegung erfolgen soll. Dieß ist auch der Grund, warum, wie im vorigen §. bemerkt worden, in solchem Falle kein bloßes Herausschmelzen erfolgen könne, indem nämlich die, über den Schmelzpunct des leichtflüssigeren Bestandtheils, gesteigerte Hitze, welche zur Zerlegung nöthig ist, stets die Temperatur des Siedepunctes desselben übertrifft.

Doch auch in anderer Beziehung zeigt sich der Unterschied zwischen den Gemischen der ersten und der zweiten Art, indem es kein einziges

Digitized by Google

unter jenen giebt, in welchem der flüchtigere Stoff von dem feuerbeständigeren so gebunden würde, daß nicht bei irgend einem Hitzgrade eine Zersetzung erfolgen sollte; jedoch mit der, in der Anm. des nächsten Typen angeführten, Einschränkung. Dagegen giebt es gar viele Gemische der zweiten Art, in welchen der flüchtigere Bestandtheil auch jedem, auch noch so hohen Hitzgrade widersteht. — Mehrere Hydrate, Salze flüchtiger Säuren und andere Gemische zweiter Art, welche einen flüchtigen Bestandtheil enthalten, lassen denselben bei keinem Hitzgrade fahren.

§. 232.

Noch ein Unterschied in der Wirkung des Wärmestoffs als Scheidungsmittel auf Gemische der ersten und zweiten Art liegt darin, daß jene, es mag die Scheidung durch Ausschmelzung oder Verflüchtigung erfolgen, sehr selten ganz rein zerlegt werden, indem stets von dem leichtflüssigeren oder flüchtigeren Bestandtheil mehr oder weniger zurückbleibt, während von dem strengflüssigeren oder feuerbeständigeren etwas mit herausschmilzt oder sich mit verflüchtigt; dagegen die Zerlegung eines Gemisches der zweiten Art nach §. 102. vollständig erfolgt, sofern nicht niedere Verbindungsstufen derselben Bestandtheile statt finden können.

Es ist übrigens hier noch zu berichtigen, daß, wenn die Zerlegung eines Gemisches der ersten Art durch Verflüchtigung erfolgt, sie sich doch auch vollständig bewirken lasse, wenn nur ein großer Unterschied in der Flüchtigkeit der beiden Bestandtheile statt findet; (Amalgame oder Verbindungen des Queckſilbers mit den feuerbeständigen Metallen, Arsenikmetalle u. s. w.). Ist dieß hingegen nicht der Fall, so läßt sich die Zerlegung nie vollständig bewirken, (Gemische aus Wasser und Alkohol).

§. 233.

Wenn irgend ein Gemisch (oder auch Gemeng) welches Bestandtheile von verschiedener Flüchtigkeit (§. 244.) enthält,

Digitized by Google

in der Absicht erhitzt wird, um die flüchtigeren von den minder flüchtigen Bestandtheilen zu sondern, so heißt der Proceß überhaupt Abdampfung, Abrauchung, Evaporation. Destillation, Abtröpflung, nennt man ihn, wenn der verflüchtigte Bestandtheil (Destillat) in Gefäßen von kalter Umgebung wiederum zu einer tropfbaren Flüssigkeit verdichtet wird; Sublimation, Auftreibung, wenn er zu einem festen Körper verdichtet, gewöhnlich an höheren Stellen des Gefäßes sich ansetzt; daher die Benennung Sublimat.

Wenn man das Destillat oder Sublimat wiederholt der Destillation oder Sublimation unterwirft, so heißt dieser Proceß Rectification; obwohl diese Benennung gewöhnlich nur für die Destillation gebraucht wird. Wird ein Destillat auf die zurückgebliebenen Stoffe oder auf frische derselben Art, zurückgegossen, um durch nochmalige Destillation noch mehr flüchtige Stoffe zu erhalten, so nennt man dieß Cohobiren.

Auch die Austrocknung, Exsiccation, ist eine Abdampfung durch Wärme. Die Calcination und Röstung sind hingegen Processe, bei welchen, ausser der Verflüchtigung, gewöhnlich noch irgend eine Veränderung der zurückbleibenden Stoffe (Oxydation) bewirkt wird.

§. 234.

Endlich wirkt die Wärme noch als Scheidungsmittel, wenn ein Gemisch aus, in der Hitze zersetzbaren und unzersetzbaren, Bestandtheilen besteht. Werden solche Gemische einem hinlänglich hohen Hitzgrade ausgesetzt, so scheidet sich der zersetzbare Bestandtheil mit Zersetzung aus. Häufig tritt jedoch der Fall ein, daß die Elemente des zersetzbaren Körpers theilweise in andere Verbindungen treten, wovon die feuerbeständigen zurückbleiben, und auch die flüchtigen sich mit dem unzerlegbaren Bestandtheil mischen, wenn Verwandt-

Digitized by Google

schaft zwischen ihnen statt findet, und in der Temperatur, in welcher jene Zersetzung eintritt, nicht auch die neue Verbindung zersetzt wird.

So werden die meisten Verbindungen der organischen Substanzen mit feuerbeständigen unorganischen Stoffen, in einer, die Siedehitze des Wassers übersteigenden, Temperatur zersetzt. — Zersetzung der salpetersauren und chlorinsauren Salze in der Hitze u. s. w.

Quellen des Wärmestoffs.

§. 235.

Die Quellen der Wärme sind zum Theil dieselben, als die des Lichtes §. 168. ff.; nur daß Wärmentwicklungen ein viel allgemeiner verbreitetes Phänomen sind, als Lichtentwicklungen.

I. Die Sonnenstrahlen.

§. 236.

Die wichtigste Quelle des Wärmestoffs für unsere Erde sind die Sonnenstrahlen. Durch dieselben wird um so mehr Wärme erregt: 1) je senkrechter sie auf die Oberfläche eines Körpers fallen; daher der große Unterschied der Temperatur unter den verschiedenen Himmelsstrichen, und in den verschiedenen Jahreszeiten; 2) je concentrirter sie sind; daher die große Hitze, welche Brenngläser und Brennspiegel hervorbringen; 3) je weniger die Körper den Sonnenstrahlen den Durchgang verstatten; daher die geringe Wärme, welche die Sonnenstrahlen in der Luft hervorbringen, indem dieselbe unter allen Körpern die größte Durchsichtigkeit besitzet; woraus sich auch die niedere Temperatur in den höheren Regionen unserer Atmosphäre erklärt; 4) je dunkler die Körper, welche von den Sonnenstrahlen getroffen werden, gefärbt

Digitized by Google

sind; daher schwarze Körper bei weitem mehr im Sonnenlichte sich erwärmen, als weiße oder hellfarbige.

Mit Beziehung auf das, was oben (§. 179.) über das Verhältniß des Wärmestoffs zum Lichte gesagt worden, ist hier noch hinzuzufügen, daß der Umstand, daß die Sonnenstrahlen an und für sich nicht warm sind, sondern erst Wärme hervorbringen, wenn sie durch Körper in ihrem Fortgang aufgehalten werden, mehrere, wie De Luc u. a. zu der Annahme veranlaßt hat, die Sonnenstrahlen gleichsam bloß als ein, den Wärmestoff in den Körpern unserer Erde erregendes, Mittel zu betrachten. — Dagegen, nach der Vorstellung, die Sonnenstrahlen seyen gleichsam eine Verbindung des Wärmestoffs mit dem Lichtstoff, das Freiwerden des Wärmestoffs aus einer Zersetzung der Sonnenstrahlen durch die Körper zu erklären wäre. — Leslie's Photometer.

De Luc über die Verhältnisse zwischen Licht und Feuer in Gren's J. IV. 233. — Nach Gr. von Rumford (Unters. über die Wärme, welche durch die Sonnenstrahlen erregt wird, in Gilb. A. XX. 177) ist die Quantität Wärme, welche durch die Sonnenstrahlen erregt und mitgetheilt wird, unter allen Umständen (?) der Quantität Licht gleich, die verschluckt wird. — Nach von Humboldt über das Gesetz der Wärmeabnahme in den höheren Regionen der Atmosphäre eb. XXIV. 1. Vergl. n. A. I. 337. nimmt die Temperatur einer Luftschicht um 1° Cent. ab, wenn man sich um 581 paris. Fuß in derselben erhebt. —

II. Die chemische Mischung. Verbrennungsproceß.

§. 237.

Oben (§. 63 u. 227.) haben wir gesehen, daß jede chemische Mischung eine bestimmte Temperatur erfordert, wenn sie erfolgen soll. Der Moment der Mischung selbst ist aber stets mit einer mehr oder weniger beträchtlichen Aenderung derselben begleitet.

Digitized by Google

Da sehr häufig der Mischung eine Scheidung vorangeht, so ist es in solchen Fällen nicht ausgemacht, ob nicht auch diese an der Temperaturveränderung Antheil habe; besonders da die meisten, mit heftigen Detonationen (§. 75.) begleiteten, Zerlegungen eine beträchtliche Wärmeentwicklung nach sich ziehen, welche freilich von der heftig comprimirten, umgebenden Luft herrühren könnte. (Vergl. §. 174. S. 114). Die unter gewissen Umständen sehr beträchtliche Wärmeentwicklung, welche bei Berührung des oxygenirten Wassers mit manchen Stoffen statt findet, scheint doch bloß von einer Zersetzung abhängig zu seyn.

§. 238.

Eine solche Temperaturveränderung kann entweder von einer Aenderung der specifischen Wärme (§. 194.) der sich mischenden Körper, oder von einer Aenderung der Cohäsionsform (§. 198.), oder von beiden Ursachen zugleich, herrühren. In vielen Fällen aber tritt eine so beträchtliche Temperaturveränderung, namentlich eine Wärmeentwicklung ein, daß jene beiden Ursachen zur Erklärung nicht nur nicht hinreichen, sondern daß sogar, wenn diese Ursachen allein statt fänden, der entgegengesetzte Erfolg, nämlich Temperaturerniedrigung, eintreten müßte. Welchen wahrscheinlichen Ursprung die Wärme in solchen Fällen haben möchte, davon wird im nächsten Kapitel eine Erklärung zu geben versucht werden. Hier genüge bloß die Bemerkung, daß im Allgemeinen die Wärmeentwicklung bei der Mischung zweier Stoffe desto bedeutender ist, je stärker ihre gegenseitige Verwandtschaft sich zeigt.

§. 239.

Faßt man diese drei Ursachen, welche an der Temperaturveränderung während der Mischung Antheil nehmen können, zusammen, so ergiebt sich von selbst, daß die wirklich eintretende Veränderung der Temperatur stets den Ueberschuß entweder der entwickelten Wärme über die absorbirte, oder umgekehrt der absorbirten über die entwickelte, ausmachen

Digitized by Google

werde, wo also in jenem Falle Erhöhung der Temperatur, in diesem Erniedrigung derselben eintreten wird.

§. 240.

Es wird Wärme frei oder verschluckt werden, je nachdem die Wärmecapacität einer Mischung geringer oder größer ist, als die Wärmecapacitäten der sich mischenden Stoffe zusammengenommen. In den unten angeführten Fällen muß indeß die durch Condensation des Sauerstoffs, und die durch die chemische Mischung selbst entwickelte Wärme das Uebergewicht haben, weil sonst Kälte eintreten müßte, was nicht der Fall ist.

Wenn C und c die Wärmecapacitäten zweier Körper, M und m die Gewichte, womit sie sich mit einander mischen, bezeichnen, so müßte die berechnete Wärmecapacität (C') des Gemisches seyn

$$C' = \frac{MC + mc}{M + m}$$

Berechnet man darnach die Wärmecapacitäten verschiedener Gemische, so weit die oben (§. 195.) mitgetheilten Tafeln es zulassen, so erhält man folgende Resultate:

Wasser	0, 574	Zinkoxyd	0, 121
Kohlensäure	0, 243	Zinnoxydul	0, 073
Eisenoxydul	0, 139	Zinnoxyd	0, 091
Eisenoxyd	0, 149	Bleioxyd	0, 044
Kupferoxyd	0, 123	Antimonoxyd	0, 088

Vergleicht man diese Zahlen mit den oben (S. 141) angegebenen, auf dem Wege der Erfahrung bestimmten Wärmecapacitäten, so ergiebt sich, daß diese stets größer sind, als jene, daß also bei den genannten Oxyden, die Aenderung der Wärmecapacität eine Temperaturerniedrigung nach sich ziehen; mithin die während des Oxydationsprocesses wirklich beobachtete Wärmeentwickelung von den beiden andern Ursachen abhängen müsse. Bloß die Kohlensäure

Digitized by Google

ist auszunehmen, wo die berechnete Wärmecapacität etwas größer ausgefallen ist, als die durch den Versuch gefundene; obgleich dieser Unterschied zu gering ist, als daß er die, mit Verbrennung der Kohle begleitete, bedeutende Wärmeentwicklung erklären könnte.

§. 241.

Da die mit einer Auflösung auf nassem Wege (§. 65.) begleitete Mischung, hinsichtlich der Temperaturveränderung, häufig einen ganz entgegengesetzten Erfolg nach sich zieht, je nachdem die Auflösung entweder eine Mischung der ersten Art (Lösung), oder eine solche der zweiten Art (Auflösung im engern Sinn) ist: so müssen wir hierauf unser Augenmerk besonders richten. In jenem Falle nämlich, wo der Grad der Verwandtschaft im Allgemeinen nur gering ist, wird nach §. 238, die durch den Mischungsproceß entwickelte Wärme auch nur wenig betragen; wenn daher durch die Lösung viel Wärme gebunden wird, so muß Kälte entstehen; in diesem Falle ist die Mischung, wegen der stets größeren Verwandtschaft der sich mischenden Stoffe, ungeachtet der durch die Auflösung bewirkten Wärmebindung, niemals mit Erniedrigung, manchmal mit einer kaum merklichen, häufig aber mit einer sehr beträchtlichen Erhöhung der Temperatur begleitet. In beiden Fällen haben wir übrigens von der, durch Aenderung der Wärmecapacität veranlaßten, Temperaturveränderung abstrahirt.

§. 242.

Aus dem vorigen §. ergiebt sich, und die Erfahrung bestätigt es in völliger Allgemeinheit, daß nur bei Lösungen eine Temperaturerniedrigung eintreten könne, während bei Auflösungen stets Wärmeentbindung, wenn auch manchmal in einem kaum merklichen Grade, statt findet.

Die mit Krystallisationswasser begabten Salze lösen sich im Wasser, meistens unter Entstehung von Kälte, manche, besonders die schwerlöslichen, ohne merkliche Temperaturänderung, kein einziges

Digitized by Google

mit Wärmeentbindung. Daher bedienen wir uns der Salze, und anderer im Wasser löslicher Gemische, um künstliche Kälte hervorzubringen. (Kälte erregende Mischungen, Frostmischungen). Vorzüglich eignen sich hiezu: salzsaurer Kalk, Salmiak, Salpeter, salpetersaures und schwefelsaures Ammoniak, Glaubersalz, Kochsalz, kohlensaures und phosphorsaures Natron. — Bei gleichen Theilen salpetersauren Ammoniaks, kohlensauren Natrons und Wassers sinkt die Temperatur von + 10° bis auf — 22°; bei 9 Th. phosphorsauren Natrons, 6 schwefelsauren Ammoniaks und 4 verdünnter Salpetersäure von + 10° auf — 29°. Werden die Salze mit Schnee oder Eis statt Wasser zusammengebracht, so ist, sofern beide in den tropfbarflüssigen Zustand übergehen, die Wärmeabsorption noch beträchtlicher, weil nun auch das Wasser, während dieses Uebergangs, Wärme bindet. 12 Th. Schnee, 5 Kochsalz und 5 salpetersaures Ammoniak bringen das Thermometer von jeder Temperatur, unter dem Eispuncte, bis auf — 32° herab; 3 Th. Schnee und 2 verdünnte Schwefelsäure von 0° bis — 31°; 8 Th. Schnee und 5 Salzsäure bis auf — 33° u. s. w. Zur Hervorbringung der höchsten Kältegrade erkältet man die zur Frostmischung gehörenden Stoffe vor dem Mischen in einer andern Frostmischung, wobei indeß zu berücksichtigen ist, daß es für jede zwei Stoffe ein Minimum der Temperatur giebt, worin sie noch auf einander wirken können, und welches dasselbe ist, wo ihre Mischung gefriert. — Ausser den oben, §. 200. schon ang. Abhdlg. vergl. noch Walker in Gren's J. 419 eb. II. 358. Uebersicht mehrerer Vers. in Scher. J. III. 49 ff. — Hutton (Schw. J. VIII. 128 oder Gilb. n. A. XVI. 119) will eine Kälte von — 79° hervorgebracht haben, bei welcher absoluter Alkohol gefror; es wird aber erlaubt seyn, hieran so lange zu zweifeln, bis er sein Verfahren bekannt gemacht haben wird.

Daß ein anderer Erfolg eintreten müsse, wenn die Salze zugleich Gemische der zweiten Art mit dem Wasser eingehen, ist einleuchtend. Mehrere Salze nämlich, welchen vorher ihr Krystallisationswasser entzogen worden, ergreifen dasselbe wieder, so wie sie mit Wasser zusammen kommen, und stellen Gemische der zweiten Art dar. Da sich nun hiebei Wärme entwickelt, so wird die nachher durch die Lösung des Salzes bewirkte Kälte entweder gemindert, oder gän-

Digitized by Google

lich aufgehoben, und es tritt entweder gar keine Aenderung oder sogar eine Erhöhung der Temperatur ein. Daher ist es Regel, daß diejenigen Salze, welche Krystallwasser aufnehmen können, im frisch krystallisirten Zustande angewendet werden müssen, wenn man durch ihre Lösung Kälte hervorzubringen beabsichtigt. Dieses feste Krystallwasser vermehrt noch dadurch die Kälte beim Auflösen, daß es zugleich mit dem Salze flüssig wird, während im entgegengesetzten Falle das, im ersten Augenblick des Zusammentreffens des Salzes mit dem Wasser, fest werdende Krystallwasser seine gebundene Wärme fahren läßt, und dadurch die Temperatur erhöht.

Die festen Basen lösen sich in tropfbarflüssigen Säuren, und umgekehrt die festen Säuren in tropfbarflüssigen Alkalien stets mit Wärmeentbindung auf, die von der schwächsten, kaum merklichen Temperaturerhöhung bis zu einer, mit Lichtentwicklung begleiteten, sehr beträchtlichen Erhitzung gehen kann. Alle die oben (§. 170.) ang. Fälle, welchen noch sehr viele hinzugefügt werden könnten, (denn bloße Wärmeentbindung ohne Lichtentwicklung ist eine bei weitem häufiger vorkommende Erscheinung, da letztere nur dann statt findet, wenn die Mischungen mit großer Heftigkeit erfolgen) lassen sich auch hier als Beispiele anführen.

§. 243.

Wenn nun sogar bei solchen Gemischen der zweiten Art, wo der eine der beiden Bestandtheile auf der Stufenleiter der gebundenen Wärme (§. 222.) hinaufsteigt, Wärme entwickelt wird, so muß dieß um so mehr im entgegengesetzten Falle, sowohl bei den Gemischen der ersten als der zweiten Art, statt finden.

Daher sind alle Absorptionen tropfbarflüssiger Körper von festen, oder gasförmiger von tropfbarflüssigen oder festen Körpern, stets mit Wärmeentwicklung verbunden.

§. 244.

Ueberhaupt ersieht man, daß chemische Processe bei weitem häufiger eine Erhöhung der Temperatur nach sich ziehen, als

Digitized by Google

eine Erniedrigung derselben. Ohne Zweifel findet dieses auch in den meisten derjenigen Fälle statt, wo chemische Processe in höherer Temperatur erst vor sich gehen, wenigstens läßt sich bei manchen derselben, wie z. B. bei der Schwefelung der Metalle, eine solche Temperaturerhöhung wahrnehmen.

Beispielsweise lassen sich hier alle oben (§. 170.) bemerkte Erscheinungen anführen, in denen stets die Lichtentwicklung mit einer Wärmeentbindung begleitet ist.

Eine Temperaturerhöhung tritt auch ein, wenn ein Salz in Berührung mit Wassergas ist. Diese hängt ab von der Absorption des gasförmig gewordenen Wassers durch das Salz. Der Grad, bis zu welchem diese Zunahme der Wärme, unter einem constanten Druck, gelangen könne, ist genau dem Siedepuncte des mit demselben Salze gesättigten Wassers gleich, und kann daher mehr oder weniger über den Siedepunct des reinen Wassers steigen. Gay — Lussac in den Ann. de chim. et phys. XX. 325; dagegen Faraday eb. 320.

Daß doch auch bei Gemischen der ersten Art, wo gar keine Veränderung der Cohäsionsform eintritt, eine Temperaturerniedrigung erfolgen könne, sieht man an der Mischung von 44 Th. einer concentrirten wässrigen Lösung salpetersauren Ammoniaks, mit 34 Th. Wassers von + 16°, wobei eine Erkältung von 5°, und eine Zunahme des spec. Gewichtes um 0,008, also eine Verdichtung, statt findet. Nach Gay—Lussac sollen sich verschiedene andere Salzlösungen beim Vermischen mit Wasser ebenso verhalten. Diese Temperaturerniedrigung läßt sich nicht anders als aus der ersten der oben (§. 238.) angeführten Ursachen erklären.

§. 245.

Das im gemeinen Leben gewöhnliche Mittel, durch den Verbrennungsproceß Wärme zu entwickeln, macht es uns sehr anschaulich, daß wir weder mit der, von der Aenderung der Wärmecapacität, noch der, von der Aenderung der Cohäsions-

Digitized by Google

form herrührenden Wärme zur Erklärung dieser Erscheinung ausreichen. Denn wenn wir auch nicht im Stande sind, die Wärmecapacitäten der verschiedenen, aus einem Brennmaterial (z. B. aus Holz) sich entwickelnden, Producte der Verbrennung, mit der Wärmecapacität des Brennmaterials zu vergleichen: so kann man doch aus der unbedeutenden Verminderung der Wärmecapacität der, durch Verbrennung der Kohle gebildeten, Kohlensäure (s. §. 240. Anm.), mit ziemlicher Sicherheit schließen, daß die beträchtliche Wärmeentwicklung während der Verbrennung, unmöglich hierin ihren Grund haben könne. Durch Aenderung der Cohäsionsform wird nicht nur nicht Wärme frei, sondern es wird vielmehr dadurch Wärme gebunden, indem der größte Theil des Brennmaterials im gasförmigen Zustand entweicht.

Mehrere Naturforscher haben sich mit der Bestimmung der, durch Verbrennung mehrerer brennbarer Körper entwickelten, Wärme beschäftigt. Als Maaß diente ihnen entweder die Menge des Eises, welche durch die, während des Verbrennens entwickelte Wärme geschmolzen wird, oder des dadurch bis zu einer gewissen Temperatur erwärmten Wassers von der Temperatur 0°. Beide Bestimmungen lassen sich leicht auf einander zurückführen; denn das Eis absorbirt beim Schmelzen eine Menge Wärme, welche derselben Masse Wassers mitgetheilt, sie bis zu einer Temperatur von + 75° erheben würde. Die Quantitäten Eis von 0° und Wasser von 0°, um jenes zu schmelzen, dieses durch dieselbe Menge Wärme bis zu 100° zu erhitzen, verhalten sich also wie 4 : 3. So ergiebt sich z. B. nach Rumford's, in folgender Tafel mitgetheilten, Untersuchungen, daß die Menge Wassers von 0°, welche 1 Gewichtstheil Wachs beim Verbrennen bis zum Siedepunct erwärmt, $\frac{3}{4}$. 126, 24 = 94, 68 betragen würde.

1 Gewichtstheil brennb. Substanz.	verzehrt beim Verbr. Gew. Th. Sauerst.	und schmelzt Eis auf 0° in Gew. Th., nach			
		Crawford	Lavoisier u. Lapl.	Dalton	Rumford
Wasserstoffgas . . .	8	480	295, 6	320*)	
Holzkohlen	2, 67	69	69, 5	40	71
Kohlenwasserstoffgas .	4			85	
Oelerzeugendes Gas .	3, 5			88*)	
Kohlenoxydgas . . .	0, 58			25*)	
Schwefel	1			20	
Phosphor	1, 25		100	60	
Alkohol	2, 4			58	89, 96
Schwefeläther	2, 8			62	107, 07
Terpenthinöl				60	
Steinöl	3, 3				97, 84
Kampher				70	
Baumöl	3, 5	89	148, 9	104	120, 59
Rüböl	3, 5			104	124, 10
Talg	3, 5			104	111, 58
Wachs	3, 5	97	133, 1	104	126, 24
Caoutchouk				42	
Lindenholz, völlig trocknes **)					57, 33
Eichenholz, recht trocknes, **)					39, 73

*) Davy (Schw. J. XX. 143) giebt folgende Zahlen an: Wasserstoff 320, Oelerz. Gas 119, Kohlenoxydgas 74, Schwefelwasserstoffgas 82.

**) 10 andere europäische Holzarten fallen, hinsichtlich ihres Vermögens, Wärme beim Verbrennen zu entwickeln, zwischen diese beiden Holzarten.

Lavoisier's System der antiphlogistischen Chemie. übersetzt von Hermbstädt. Berlin und Stettin 1792. I. 123 ff. — Rumford Untersuchungen über die Wärme, welche sich beim Verbrennen entwickelt u. s. w. in Gilb. n. A.

Digitized by Google

XIV. 1. u. XV. 306. f. auch eb. 28. — Dalton a. a. O. 1. 91 u. 92. — Welter (Ann. de chim. et phys. XIX. 425) suchte aus den obigen Bestimmungen Lavoisier's, Laplace's und Rumford's darzuthun, daß die Mengen Wärme, welche sich entwickeln, wenn Wasserstoffgas, Schwefeläther, Alkohol, Baumöl, Wachs, vollkommen trocknes Holz, in gleichen Quantitäten Sauerstoffgas verbrennen, sich der Gleichheit ziemlich nähern; ferner daß die, durch das Verbrennen des Kohlenstoffs in derselben Quantität Sauerstoffs, entwickelte Wärme etwas geringer ausfalle (welches er der schwierigen Umwandlung der Kohle in kohlensaures Gas zuzuschreiben geneigt ist); und daß endlich der unter denselben Umständen verbrennende Phosphor fast zweimal so viel Wärme entwickelt, als jene Substanzen. Sonach fände, wenn sich die Allgemeinheit eines solchen, von Welter mit vieler Bescheidenheit der Prüfung der Physiker vorgelegten, Gesetzes sollte nachweisen lassen, ein bestimmtes Verhältniß zwischen dem zum Verbrennen eines brennbaren Körpers nöthigen Sauerstoffe und der dadurch entwickelten Wärme statt, und es würde also hieraus im Allgemeinen folgen, daß beim Verbrennen um so mehr Wärmestoff entwickelt werde, je größer der Verbrauch an Sauerstoffgas ist. Hiefür scheint auch zu sprechen, daß Wasserstoffgas mehr Sauerstoffgas verzehrt und mehr Wärme entwickelt, als irgend eine seiner Zusammensetzungen (Schw. J. XX. 143); daß die aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff zusammengesetzten brennbaren Substanzen um so mehr Licht und Wärme geben, je weniger sie Sauerstoff enthalten (eb. XXVIII. 412).

* * *

Es ist überflüssig, die, aus dem Herabsteigen eines Körpers auf der Stufenleiter der gebundenen Wärme (§. 222.) entspringende Quelle, ohne daß hiebei eine Mischungsveränderung erfolgt, noch besonders zu betrachten, da an mehreren Orten von der damit verbundenen Wärmeentbindung gehandelt worden. Es soll hier nur noch bemerkt werden, daß häufig die Wärmezunahme der Atmosphäre, besonders im Winter, von einer solchen Ursache abzuhängen scheint, indem die Niederschlagung eines Theils des Wassergases

Digitized by Google

in der Luft, oder die Bildung des Schnee's oder Hagels aus demselben, stets ein Freiwerden des Wärmestoffs zur Folge haben muß.

III. Mechanische Verdichtung.

§. 246.

Körper, welche sich durch mechanische Kraft verdichten lassen, entwickeln Wärme, und zwar desto mehr, je weiter die Verdichtung oder Zusammendrückung getrieben worden. Daher findet die größte Wärmeentwicklung bei Verdichtung der Gasarten und festen Körper statt; doch auch tropfbare Flüssigkeiten, wie Wasser ꝛc. zeigen beim raschen Zusammendrücken eine Temperaturerhöhung. Die entgegengesetzte Wirkung tritt bei der Ausdehnung oder Verdünnung ein.

Von der bei Verdichtung gasförmiger Körper sich entwickelnden Wärme, ist schon oben (§. 174. S. 114) bei Betrachtung der, zugleich damit verbundenen Lichtentwicklung die Rede gewesen. Diese Wärmeentwicklung ist so beträchtlich, daß dadurch leicht entzündliche Körper, Phosphor, Feuerschwamm, (nicht aber, wenn er mit leicht entzündlichen, tropfbarflüssigen Körpern, als Alkohol und Aether, getränkt ist) Baumwolle, Knallluft, entzündet, Butter, Talg, Wachs ꝛc. erweicht, leichtflüssige Metallgemische sogar zu einer anfangenden Schmelzung gebracht werden. Wird die Luft auf ihren fünften Theil zusammengepreßt, so kann man rechnen, daß sich ihre Temperatur wenigstens um 300° erhebt. (Pneumatisches oder Compressions-Feuerzeug).

Daß auch bei Verdichtung tropfbarer Flüssigkeiten sich Wärme entwickelt, hat Heinrich (a. o. a. O. Vierte Abhdlg. S. 452) dargethan.

Alle feste Körper, selbst spröde und elastische Metalle, welche dem Drucke nur so lange nachgeben, als er anhält, und dann ihren vorigen Raum wieder einnehmen, können durch oft und schnell wiederholten Druck sehr beträchtlich erhitzt werden. — Metalle

Digitized by Google

werden durch Hämmern heiß, selbst glühend. — Große Glocken erwärmen sich, wenn sie lange Zeit geläutet werden; desgleichen der stählerne Armbrust, das Rappier, durch wiederholtes Spannen und Nachlassen. — Berthollet, Pictet und Biot (Mém. d'Arcueil II. 441) suchten die beim Prägen von Münzen sich entwickelnde Wärme zu bestimmen: sie fanden, daß dieselbe durch den ersten Stoß am beträchtlichsten, durch den zweiten und dritten geringer, nach mehr als drei Stößen aber kaum mehr merklich sey; dabei stand die Wärmeentwicklung mit der Zunahme der Dichtigkeit in geradem Verhältnisse. Kupfer erhitzte sich mehr als Silber, dieses mehr als Gold; das spec. Gewicht des ersteren nahm aber auch mehr zu als das des zweiten und des dritten. —

Die bei Ausdehnung oder Verdünnung eintretende Wärmeabsorption zeigt sich besonders bei den Gasarten. — Entstehung des Schnee's an der Maschine zu Schemnitz, obwohl die Temperatur des Wassers in der Maschine über + 10° war. — An Papin's Topf (S. 204.) beim schnellen Herausfahren zusammengedrückter Luft. Ziegler in Gehl. n. J. I. 221. Bugge eb. II. 701. Gay—Lussac (üb. Temperaturveränderung der Gasarten bei Dichtigkeitsveränderung in Gehl. J. VI. 392) hat durch Versuche dargethan, daß die Temperaturveränderungen, welche in zwei gleich großen Räumen, wovon der eine luftleer, der andere mit einer Gasart angefüllt ist; statt finden, wenn sie mit einander in Verbindung gesetzt werden, einander gleich sind: in dem luftvollen fällt nämlich das Thermometer nahe ebenso viel, als es in dem luftleeren steigt. Er hat ferner gezeigt, daß diese Temperaturveränderungen bei demselben Gas, mit den Veränderungen der Dichtigkeit, die es erleidet, in geradem Verhältnisse stehen, und daß sie bei den verschiedenen Gasarten um so größer ausfallen, je geringer ihre specif. Gewichte sind. Vergl. ebend. über die bei Ausdehnung der Gase entstehende Kälte in Schw. J. XXV. 192. Schweigger hierüber 197. Vergl. Dalton in Gilb. A. XIV. 101. Gay—Lussac hat neuerdings zugleich mit Welter (Ann. de chim. et phys. XIX. 436) die Erfahrung gemacht, daß wenn Luft bei irgend einem Drucke aus einem Gefäße durch eine Oeffnung bläst, ihre Temperatur sich nicht verändert, obgleich sie sich ausdehnt, indem sie aus

Digitized by Google

dem Gefäße herauskömmt. Hieraus scheint zu folgen, daß beim Blasen der Luft Wärme entstehe, und desto mehr, je größer der Unterschied des Drucks ist, der das Blasen verursacht, und daß diese Erwärmung sich genau mit der Erkaltung ausgleiche, die dabei durch die Verdünnung der Luft hervorgebracht wird. Achtet man darauf, daß beim Blasen der Luft Verdünnung der blasenden, d. h. aus irgend einem Gefäß ausfahrenden Luft, und zugleich Verdichtung der Luft, worein jene sich hineindrängt, erfolgen muß; also beide Bedingungen, um Wärme und Kälte hervorzubringen, zugleich statt finden, so reihet sich diese Erscheinung an die oben betrachteten an.

IV. Reibung mit und ohne Druck.

§. 247.

Wenn feste Körper während der Reibung sehr stark zusammengedrückt werden, so scheint zwar die dadurch bewirkte Wärmeentwicklung von mechanischer Verdichtung (§. 246.) abzuhängen, um so mehr, da sie mit dem Drucke zunimmt; allein darin liegt eine Verschiedenheit, daß sie nach den, in dem vorigen §phen angeführten Versuchen, mit der am weitesten getriebenen Verdichtung aufhört, während durch Reibung fortwährend eine ungeheure Menge Wärme entwickelt werden kann. Aber selbst dann, wenn zwei weiche Körper an einander gerieben werden, wobei gar keine Verdichtung statt findet, wird viel Wärme entwickelt. Diese Wärmeentwicklung ermangelt noch einer genügenden Erklärung; denn von einer Abnahme der specifischen Wärme der geriebenen Körper rührt sie nach Rumford nicht her.

Rumford maaß (Nicholson's Journ. II. 106) die beim Bohren der Kanonen sich entwickelnde Hitze, und fand sie ungeheuer groß; das umgebende Mittel hatte keinen Einfluß; auch unter Wasser fand sie statt. Nach Pictet (Versuche über das Feuer 1790. S. 184) erfolgt auch im luftleeren Raum durch Reiben Wärmeentwicklung. Vergl. oben S. 115. — Daß diese

Wärmeentwicklung nicht, wie im vorigen §., bloß von der Verdichtung abhängen könne, ergiebt sich besonders daraus, daß in Rumford's Versuch die fortgesetzte Bohrung eben so viel Wärme wie die erste hervorbrachte, welches nicht seyn könnte, wenn die Zusammendrückung des Bohrers, wie auch der benachbarten Theile des Metalls einen bedeutenden Einfluß gehabt hätte. Oersted bemerkt ganz richtig, daß man nach diesem Versuch eigentlich in jedem Körper eine unendliche Menge Wärmestoff annehmen müßte. Schw. J. V. 413). In der That ist es eine der schwierigsten Aufgaben einer Wärmetheorie, diese unerschöpfliche Quelle der Wärme auf eine genügende Art zu erklären.

Körper, welche die Elektricität leiten, erregen beim Reiben Wärme, Nichtleiter erzeugen aber Elektricität. S. das folgende Kapitel.

V. Die Vereinigung der beiden Elektricitäten.

§. 248.

Die bei Vereinigung der beiden Elektricitäten erfolgende Lichterscheinung ist stets mit einer Wärmeentwicklung verbunden, welche von einem kaum merklichen Grade bis zum höchsten Hitzgrade gehen kann, den wir auf irgend eine Weise nur hervorzubringen im Stande sind. Im folgenden Kapitel sollen die näheren Umstände dieser Quelle der Wärme untersucht werden.

VI. Die Benetzung fester Körper mit Flüssigkeiten.

§. 249.

Pouillet wies durch eine große Reihe von Versuchen eine, bisher ganz unbeachtet gebliebene Quelle der Wärme, nämlich durch Benetzung eines festen, sowohl unorganischen als organischen Körpers mit verschiedenen Flüssigkeiten, als dest. Wasser, Olivenöl, Alkohol und Aether, nach.

Digitized by Google

Die durch eine solche Benetzung statt habende Temperaturerhöhung ist ganz unabhängig von einem chemischen Einfluß oder von dem Festwerden der Flüssigkeiten, sondern bloß die Wirkung der Capillarität. Unter 20 unorganischen Körpern (Metallen, Schwefel, Erden, unlöslichen Oxyden, Glas und Porcellan, sämmtlich in Pulverform oder im fein zertheilten Zustande angewandt), zeigte der Thon die beträchtlichste Zunahme der Temperatur durch Benetzung, welche bei Wasser 0°,940, bei Oel 0°,912, bei Alkohol 0°,867, bei Essigäther 0°,780 betrug; Kupfer, Thonerde, Magnesia, Zinkoxyd, Chromoxyd, die geringste, welche bei den verschiedenen Flüssigkeiten zwischen die Grenzen 0°,14, und 0°,311 eingeschlossen ist. Unter verschiedenen organischen, theils vegetabilischen, theils thierischen Substanzen, welche insgesammt eine stärkere Temperaturzunahme zeigten, wurde am meisten die Temperatur der Süßholzwurzel gesteigert, bei welcher sie mit Wasser benetzt 10°,2 betrug. — Ueberhaupt geht aus diesen Versuchen das Resultat hervor, daß die Temperaturzunahme bei Benetzung verschiedener fester Körper mit derselben Flüssigkeit, und desselben festen Körpers mit verschiedenen Flüssigkeiten, nahe gleich viel betrage. Ann. de chim. et phys. XX. 141., im Auszuge in Schw. u. Mein. n. J. VI. 193.

VII. Die Lebenswärme warmblütiger Thiere.

§. 250.

Eine für den thierischen Organismus äusserst wichtige Quelle der Wärme, die stete Fortdauer eines gleich hohen Wärmegrades in dem Körper der Menschen und der warmblütigen Thiere, mag hier die letzte Stelle einnehmen, da man über ihren Ursprung noch nicht ganz im Reinen ist, und es uns deshalb schwer fallen dürfte, diese Wärmequelle einer der im Vorhergehenden angeführten unterzuordnen.

§. 251.

Nach Crawford's *) Theorie erklärte man sich diese Erscheinung aus der verschiedenen Wärmecapacität

des arteriellen und venösen Blutes (§. 195.). Jenes sollte nämlich in den Lungen durch die Veränderung, welche es beim Athmen erleidet, eine größere Wärmecapacität erlangen, um ohne Erhöhung seiner Temperatur allen Wärmestoff aufnehmen zu können, der vorher in der eingeathmeten Luft enthalten war; dieses röther gewordene arterielle Blut, welches in jedem Theile des Körpers wieder dunkler wird, sollte dadurch einen Theil seiner Wärmecapacität verlieren, und deshalb allen vorher aufgenommenen Wärmestoff wieder nach und nach abgeben, wodurch der Körper stets seine Wärme behält. Diese Ansicht schien eine neue Bestätigung durch Prunelle's **) Versuche, nach welchen die Lebenswärme der Winterschläfer in geradem Verhältnisse mit der Menge des, in einer gewissen Zeit, von denselben absorbirten Sauerstoffgases stehen soll, zu erhalten. Aus Brodie's ***) genauen Versuchen ergiebt sich hingegen, daß in einem Thier, in welchem das Gehirn seine Functionen nicht ausübt, keine Wärme erzeugt werde, wenn gleich die Respiration erhalten wird, wodurch der Blutumlauf und die bekannten chemischen Veränderungen des Bluts, auf die gewöhnliche Weise fortgehen, auch in gleicher Zeit eben so viel kohlensaures Gas als gewöhnlich erzeugt wird. Diesem gemäß hängt die thierische Wärme größtentheils von einer Einwirkung des Nervensystems ab.

---

*) A. o. a. O.; s. auch Gren's J. I. 17. 189.

**) Untersuchungen über die Erscheinungen und die Ursachen des Winterschlafs einiger Säugthiere in Gilb. n. A. X. 349. u. XI. 361.

***) Neue Vers. über das Athemholen und über den Einfluß des Gehirns auf die Erzeugung der thierischen Wärme eb. XVI. 80. Vergl. hiemit Le Gallois über die thierische Wärme in Schw. J. XX. 113.

Digitized by Google

Da die sorgfältigen Versuche, welche Allen und Pepys (Schw. J. I. 182) geliefert haben, darthun, daß das Volumen der, während der Respiration eines warmblütigen Thieres erzeugten, Kohlensäure dem des absorbirten Sauerstoffgases vollkommen gleich zu seyn scheine, und daß die Menge des eingeathmeten Stickgases ganz unverändert bleibe: so genügt es, um auszumitteln, ob dem Blute durch die Respiration Wärmestoff zugeführt werde oder nicht, bloß die Wärmecapacitäten gleicher Volumina Sauerstoffgas und Kohlensäuregas mit einander zu vergleichen. Nach §. 195, mit Zuziehung von §. 196, ist aber, wenn die Wärmecapacität eines bestimmten Volumens Sauerstoffgas = 1 gesetzt wird, die eines gleichen Volumens Kohlensäuregas = 1,29. Da hiernach die Wärmecapacität des während der Respiration erzeugten Kohlensäuregases sogar noch größer ausfällt, als die des absorbirten Sauerstoffgases, so ersieht man hieraus, daß dem Blute durch den Athmungsproceß nicht nur kein Wärmestoff zugeführt, sondern sogar noch solcher entzogen werde. Also auch von dieser Seite widerlegt sich Crawford's Theorie. Erwägt man nun noch, daß mit dem Ausathmen Wasserdunst fortgeführt wird, der nach Allen und Pepys wahrscheinlich nicht in den Lungen aus seinen Bestandtheilen zusammengesetzt wird, sondern aus der Schleimhaut des Mundes, der Gurgel, des Bauchfells und aller übrigen innern, mit der Luft in Berührung kommenden, Oberflächen hervorsteigt, so wird auch durch dessen Bildung dem thierischen Körper Wärme entzogen. — Endlich haben auch neuere Versuche John Davy's über die thierische Wärme (Schw. J. XV. 461) uns belehrt, daß keineswegs ein so bedeutender Unterschied zwischen dem Venen- und Arterienblut, wie ihn Crawford (s. oben S. 142) angegeben hat, statt finde; daß aber die Temperatur von diesem etwas höher sey, als die von jenem. Nach Davy ist die Wärmecapacität des Venenbluts 0,903, die des Arterienbluts 0,913.

Wenn nun aber auch aus einer Veränderung der Wärmecapacität die thierische Wärme nicht erklärt werden kann, so läßt sich doch damit nicht behaupten, daß die chemische Veränderung des Bluts in der Lunge gar keinen Antheil an dieser Wärmeerzeugung habe. Die Respiration hat die größte Aehnlichkeit mit einem chemischen Processe; wenn aber ein solcher stets eine mehr oder weniger

Digitized by Google

beträchtliche Temperaturerhöhung zur Folge hat (§. 244.), so läßt sich erwarten, daß auch die Respiration mit einer Temperaturveränderung begleitet seyn dürfte; um so mehr, da kein Beispiel bekannt ist, daß die Wärmeerzeugung fortgewährt habe, wenn die Respiration aufgehört hatte.

Drittes Kapitel.

Electricität.

§. 252.

Dasjenige Etwas, welches wir mit dem Namen Elektricität oder die Elektricitäten bezeichnen, findet sich nirgends in der Natur in einem Zustande, worin es einen unserer Sinne auf ähnliche Weise afficiren könnte, wie das Licht und die Wärme. Zwar wird sich in der Folge ergeben, daß dieses wichtige Agens unter gewissen Umständen, in der Natur, in einem solchen Grade zum Vorschein kommen könne, in welchem es eine, fast alle irdische Kräfte übersteigende Wirksamkeit offenbaret; allein auch in diesem Falle beschränkt sich der unmittelbare Eindruck desselben auf den Beobachter bloß auf eine mehr oder weniger intensive Lichterscheinung. So wie aber Elektricität auf künstlichem Wege entwickelt wird, so kann sich ihre Wirksamkeit auf jeden unserer Sinne, auf eine jedem derselben eigenthümliche Weise äussern.

Wir haben oben gesehen, daß das Licht, welches von der Sonne ausgeht, und sich uns, ohne unser Zuthun, darbietet, hinreiche zur Erforschung seiner Eigenschaften und Gesetze. Um diejenigen der Wärme kennen zu lernen, ist schon nicht mehr die allgemeinste Quelle derselben, die Sonnenstrahlen, hinreichend, sondern wir müssen sie uns auf künstlichem Wege verschaffen. Um endlich die Eigenschaften der Elektricität zu erforschen, bleibt uns gar kein anderer Weg übrig, als sie künstlich darzustellen. Wenn nun schon zur Kenntniß des Lichts und der Wärme das Experiment (§. 3.) nicht entbehrt werden kann, so ist es vollends ganz un-

Digitized by Google

unbehelflich, um mit den Eigenschaften und Gesetzen der Elektricität vertraut zu werden.

Daher kommt es, daß die von der Elektricität abhängigen Erscheinungen erst so spät der Gegenstand genauerer Naturforschung geworden sind; denn wenn man die Erscheinungen ausnimmt, welche der geriebene Bernstein darbietet, leichte Körperchen anzuziehen und nach einiger Zeit wieder von sich zu stoßen, womit schon Thales vertraut gewesen seyn soll, deren indeß bestimmt Theophrast von Eresius (*Περὶ λίθων*, c. 53. 300 Jahre vor C. G.) gedenkt: waren die elektrischen Erscheinungen den Alten so viel als gar nicht bekannt. Erst William Gilbert (De magnete, London 1600) fügte den, in dieser Hinsicht, dürftigen Kenntnissen des Alterthums etwas Neues hinzu, indem er das Verzeichniß der Körper, welche elektrische Erscheinungen zeigen, sehr ansehnlich vermehrte, und das Reiben als dasjenige Mittel anzeigte, ihre Elektricität zu erregen. Vergl. Jos. Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektricität, aus dem Engl. von Krünitz. Berlin und Stralsund 1772. 4. Auch Gehler's physikal. Wörterbuch. I. 745 ff.

Die Benennung Elektricität kommt von *Ἤλεκτρον*, Succinum, Bernstein.

§. 253.

Die Elektricität oder die Elektricitäten sind eben so wenig etwas für sich im Raume Bestehendes, als Licht und Wärme. Wir können sie daher nicht von den Körpern getrennt betrachten; denn zur Kenntniß ihrer Eigenschaften gelangen wir nur durch Wahrnehmung der veränderten Erscheinungen, welche Körper darbieten, wenn Elektricität in ihnen sich befindet. Den durch Anwesenheit der Elektricität veränderten Zustand eines Körpers nennen wir ganz passend den elektrischen Zustand.

Digitized by Google

Entgegengesetzte Elektricitäten.

Allgemeines Grundgesetz ihres gegenseitigen Verhaltens.

§. 254.

Es wird sich zwar unten ergeben, daß auf gar mannigfaltige Weise ein Körper in den elektrischen Zustand versetzt werden kann. Gehen wir indeß zunächst von dem durch ein mechanisches Verfahren, nämlich durch mechanische Wechselwirkung zweier Körper auf einander, herbeigeführten elektrischen Zustand aus, so zeigen sich beide Körper elektrisch; jeder aber auf eine verschiedene Weise, so daß sich in beiden ein unverkennbarer elektrischer Gegensatz ausspricht, den wir füglich durch + (Plus) und — (Minus) bezeichnen können.

Es ist hier noch nicht der Ort, die Verschiedenheit der + Elektricität und der — Elektricität, in so sehr vielen Erscheinungen begreifen zu können; damit jedoch der oben im Allgemeinen ausgesprochene Gegensatz wenigstens in einer Erscheinung hervortreten möge, so wollen wir bemerken, daß z. B. dasjenige, was der eine elektrische Körper anzieht, von dem andern in eben dem Zustande zurückgestoßen wird und umgekehrt.

Der Kürze wegen soll in der Folge die + Elektricität durch + E, die — Elektricität durch — E bezeichnet werden.

§. 255.

Die + E und die — E zeigen ein beständiges Bestreben nach Vereinigung, welches demjenigen sehr ähnlich ist, das Körper, die Verwandtschaft zu einander haben, äussern. Den größeren oder geringeren Grad dieses Bestrebens (also gewissermaßen den Grad der Verwandtschaft) nennen wir die Intensität oder die Spannung der EE.

Je leichter daher entgegengesetzte EE die ihrer Vereinigung entgegenstehenden Hindernisse überwinden können, desto größer wird ihre Intensität seyn.

Digitized by Google

§. 256.

Ist unter gewissen Umständen eine Vereinigung beider EE erfolgt, so verschwinden beide für die Beobachtung gänzlich, und nur dann kommen sie wieder zum Vorschein, wenn jenes mechanische Verfahren wiederholt wird.

§. 257.

Um uns diese Erscheinungen zu erklären, wollen wir in allen Körpern einen besondern unwägbaren Stoff, eine elektrische Materie (Electricum, Electrogenium) annehmen, welche unter gewissen Umständen in + E und — E zerlegt werden könne. Diese beiden werden sich demnach zu jener verhalten, wie das Einfache zum Zusammengesetzten. Da jene elektrische Materie im unzerlegten Zustande keine Eigenschaften besitzt, wodurch sie für unsere Sinne wahrnehmbar würde, so können wir ganz passend den Zustand der Körper, in welchem beide EE vereinigt sind, in Beziehung auf §. 90., die elektrische Indifferenz (elektrisches Gleichgewicht) nennen. Der Zustand hingegen, in welchem ein Körper eine der beiden EE zeigt, wird die elektrische Differenz heißen müssen.

Du Fay hat zuerst die entgegengesetzten EE bemerkt (Mém. de Paris 1733) und sie Glas- und Harzelektricität genannt, welche Benennung indeß, wie sich in der Folge ergeben wird, keineswegs passend ist.

Robert Symmer (Philos. Trans. LI. 1.) nahm an, daß es zwei elektrische Materien (+ E und — E) gäbe, welche einander stark anziehen, indem die Theilchen einer jeden sich unter einander stark abstoßen.

Benj. Franklin (Briefe von der Elektricität, übers. von Wilke, Leipz. 1758. 8.) stellte dagegen, und zwar schon vor Symmer, die Hypothese auf, daß durch die ganze Körperwelt nur eine einzige feine Materie verbreitet sey, welche den

Digitized by Google

Grund aller elektrischen Erscheinungen ausmache: die Theile dieser Materie stoßen sich ab, werden aber von den Körpern angezogen, welche davon eine gewisse Menge in sich nehmen, ohne daß eine Anhäufung auf ihrer Oberfläche entsteht; hat ein Körper gerade diese Menge, so ist er nicht elektrisirt, hat er aber mehr davon, so ist er positiv, hat er weniger, so ist er negativ elektrisirt. Nach dieser Ansicht besteht + E in dem Ueberflusse, — E in dem Mangel einer und derselben Materie.

Es würde uns zu weit führen, hier die Gründe für und wider jede der beiden Hypothesen zu beleuchten. Ein Gegensatz zwischen beiden EE spricht sich aus, dieß ist unverkennbar; ob aber dieser Gegensatz in einem Ueberflusse oder Mangel eines und desselben Stoffs bestehe, oder ob beide EE eine selbstständige Existenz haben, und sich bloß in ihren Eigenschaften so entgegengesetzt sind, wie etwa Säure und Alkali; dieß wollen wir dahin gestellt seyn lassen. Indeß da wir irgend eine Hypothese über die Natur der EE annehmen müssen, wenn wir in der Folge die elektrischen Erscheinungen zu erklären versuchen wollen: so möchte die Symmersche, vom chemischen Standpunkt aus, am meisten ein Analogon, in dem überall bei chemischen Verbindungen sich aussprechenden Gegensatze finden. Wir bekennen uns daher zu dieser Hypothese, ohne damit das Glaubensbekenntniß unserer völligen Ueberzeugung von ihrer Unfehlbarkeit ablegen zu wollen.

Was übrigens die gewählte Bezeichnungsart der beiden EE durch + E und — E, betrifft, so ergiebt sich aus dem Bisherigen, und wird in der Folge noch einleuchtender werden, daß sie keineswegs willkührlich, sondern wissenschaftlich sey; denn diese Zeichen drücken, wie die entgegengesetzten Größen, Zustände aus, welche bei der Verbindung mit einander sich vermindern, und wenn sie gleich sind, aufheben. Es ist daher auch ganz einerlei, welche von beiden EE durch +, und welche durch — bezeichnet wird; dahingegen die Benennung positive und negative E unausweichlich die, noch durch keinen entscheidenden Versuch bewiesene, Annahme mit sich führt, daß die für positiv angenommene E auch wirklich die positive sey.

Digitized by Google

§. 258.

Wenn ein Körper auf irgend eine Weise + E und ein anderer — E empfangen, so zeigen beide ein Bestreben sich zu nähern, und nähern sich auch wirklich, wenn sie in den hiezu erforderlichen Umständen sich befinden; wenn hingegen zwei Körper dasselbe E erhalten, so fliehen sie einander. Da diese Körper ein solches Verhalten nur im elektrischen Zustande zeigen, so müssen diese Wirkungen von den Elektricitäten abhängig gedacht werden. Hieraus hat man das elektrische Grundgesetz abgeleitet:

Gleichnamige EE stoßen einander ab.

Ungleichnamige EE ziehen einander an.

Da die Stärke des Abstoßens zweier Körper von dem Grade der in ihnen angehäuften gleichnamigen EE abhängig ist, so dient uns diese Eigenschaft als Maaß der Elektricität, und wir nennen eine Vorrichtung, in welcher leicht bewegliche Körper durch die ihnen auf irgend eine Weise ertheilte Elektricität einander fliehen können, einen Elektricitätsmesser, (Elektrometer) oder richtiger bloß Elektricitätszeiger (Electroscop). Sind z. B. zwei leichte Körperchen (Korkkügelchen, Strohhalme, Goldblättchen u. s. w.) in einem Punct neben einander aufgehangen, so bestimmt sich der Grad oder die Intensität (§. 255) der ihnen ertheilten gleichnamigen E aus dem größeren oder kleineren Winkel, welchen sie im elektrischen Zustande bilden.

Dieses Gesetz setzt uns auch in den Stand, die Qualität einer gegebenen E auszumitteln. Wenn nämlich bekannt ist, daß durch Reiben ein Körper (Glas) + E, ein anderer (Harz) — E annimmt, so darf man nur nach und nach beide einem leicht beweglichen Körper, der jene E empfangen, nähern: von welchem er angezogen wird, dessen entgegengesetzte E wird er besitzen.

Das treffliche Behrensche von Bohnenberger verbesserte Elektrometer dient für beiden Gebrauch. Gilb. A. XXIII. 24, eb. u. A. XXI. 190.

Digitized by Google

§. 259.

Sind in zwei Körpern die beiden entgegengesetzten EE nur in einem einigermaßen beträchtlichen Grade angehäuft, und werden jene bis auf einen gewissen Abstand einander genähert, so ist die Vereinigung beider EE mit einer Lichterscheinung, die wenigstens im Dunkeln bemerkt werden kann, einer Wärmeentwicklung, wodurch leicht entzündliche Körper entzündet werden können, und einem mehr oder weniger starken Knall begleitet.

Das Weitere hievon unten.

Verhalten der Elektricitäten zu den Körpern.

§. 260.

Das Verhalten der EE zu den Körpern ist sehr mannigfaltiger Art: sie versetzen entweder die Körper in einen Zustand, den wir den elektrischen genannt haben, und der nur so lange dauert, als in ihnen eine der beiden EE anwesend ist; oder sie verändern den Zustand der Körper bleibend. Diese letzteren Veränderungen richten sich sowohl nach der Menge der in einem Körper angehäuften E, als nach dessen chemischer Natur, und sind entweder vorwaltend mechanische, oder Temperaturveränderungen, die bis zur Aenderung der Cohäsionsform gehen können, oder endlich rein chemische.

Verhalten der Elektricitäten zu den Körpern, sofern dadurch keine bleibende Veränderung ihres Zustandes herbeigeführt wird.

§. 261.

Von dem Verhalten der EE zu leicht beweglichen Körpern, sofern dadurch eine Ortsveränderung herbeigeführt wird, ist schon im §. 258. die Rede gewesen. Hier wollen wir von der Fortpflanzung der EE in den Körpern, je nach der verschiedenen Natur der letzteren handeln.

Digitized by Google

Alles das was in den folgenden §§. vorgetragen werden wird, bezieht sich stets auf jede der beiden EE überhaupt, ohne Rücksicht ihres Ursprunges. Findet hinsichtlich beider oder ihres Ursprungs eine Verschiedenheit in dem Verhalten derselben zu den Körpern statt, so wird dieß besonders bemerkt werden.

Fortpflanzung der EE durch Mittheilung.

§. 262.

Obwohl es keinen Körper geben dürfte, der nicht die an irgend einer Stelle von einem andern empfangene oder erregte E durch sich hindurch zu leiten fähig wäre: so findet doch, wie bei der Wärme, hinsichtlich der Schwierigkeit oder Leichtigkeit, und der größeren oder geringeren Schnelligkeit, womit die E geleitet wird, eine sehr große Verschiedenheit statt. Metalle, Erze, Kohlen, Graphit, tropfbarflüssige Körper, mit Ausnahme der Oele, so wie mit Feuchtigkeit imprägnirte feste oder gasförmige Körper, der luftleere Raum u. s. w. führen die E ohne merklichen Widerstand durch ihre Substanz hindurch; wir nennen sie daher Elektricitäts-Leiter (Conductores electricitatis, Symperielectrica); Glas, Edelsteine, brennbare nicht metallische Stoffe, wie Harze, Schwefel, Seide, Wolle, Haare, Metalloxyde, trockne Luft u. s. w. nur sehr schwierig; man nennt sie deßhalb (nicht ganz passend) Nichtleiter. Zwischen den Leitern und Nichtleitern stehen die sogenannten Halbleiter, wozu die schlechtesten aus beiden Classen, z. B. trocknes, nicht gedörrtes Holz, Papier, Pergament, trockne Marmor- und Alabasterplatten gehören.

Man kann im Allgemeinen setzen: Die guten Leiter der Wärme sind auch gute Leiter der E; nicht aber umgekehrt.

Alle Nichtleiter der E werden durch Feuchtigkeit, sehr viele, wie Glas, Harz, Luft u. s. w. auch durch Hitze leitend. Oft verwandelt sich ein und derselbe Körper, wenn er auf verschiedene Art behandelt oder gar chemisch verändert wird, bald in einen Leiter,

Digitized by Google

bald in einen Nichtleiter. So ist z. B. frisch vom Stamme gehauenes Holz ein guter Leiter; gedörrt wird es ein Nichtleiter; verkohlt ein Leiter, eingeäschert ein Nichtleiter. — Man sieht überhaupt, daß der Unterschied zwischen Leiter und Nichtleiter bloß ein relativer ist, und beide in einander übergehen.

Hinsichtlich des Ursprungs der E., durch Reiben oder Berührung, zeigt sich in der Leitungsfähigkeit der Körper ein bedeutender Unterschied. Die EE der Volta'schen Säule werden durch einen Glasstab fast eben so leicht und schnell geleitet, als durch einen eben so langen Metalldraht, während in der Leitungsfähigkeit des Glases und Metalls für die Frictionselektricität ein sehr bedeutender Unterschied statt findet. Bischof in Schw. u. Mein. n. J. V. 271. 276 ff. Vergl. unten §. 294 Anm.

Von dem Unterschiede zwischen Leitern der ersten und der zweiten Classe in Beziehung auf Contactelektricität wird unten (§. 293.) mit Mehrerem die Rede seyn.

§. 263.

Gewisse Körper zeigen ein ganz besonderes Verhalten hinsichtlich ihrer Leitungsfähigkeit, indem sie nur eine von den beiden, durch Berührung erregten, EE leiten, nicht aber die andere. Man nennt solche Körper unipolare Leiter. Zu den negativ-unipolaren Leitern gehören die festen alkalischen Seifen und der concrete trockene thierische Eiweißstoff im vollkommen trockenen Zustande. Zu den positiv-unipolaren Leitern gehören hingegen die Flamme des Weingeistes, so wie überhaupt die Flamme aller brennbaren Körper, welche in ihrer Mischung Wasserstoff und Kohlenstoff enthalten.

Solche unipolare Leiter leiten nämlich die beiden EE einer Volta'schen Säule gleich gut nach dem Erdboden; bringt man aber durch sie beide Pole in Verbindung, so wird die Säule nicht entladen. Werden z. B. die Drähte der beiden Pole einer Säule in voll-

Digitized by Google

kommen isolirte Seife (§. 264.) gesteckt, so bleiben die beiden EE der Säule ganz ungeändert; sobald aber die Seife in leitende Verbindung mit dem Erdboden gebracht wird, so verschwindet augenblicklich das — E, und das + E zeigt ebenso das Maximum seiner Spannung, als wenn der — Pol der Säule geradezu ableitend berührt worden wäre (§. 294.). Bei einem positiv-unipolaren Leiter verhält es sich gerade umgekehrt. — Die meisten Körper sind bis zu einem gewissen Grade unipolare Leiter; nur läßt sich dieses gewöhnlich nicht ohne Schwierigkeit bemerken. Diese Unipolarität scheint übrigens mit ihrem elektrochemischen Verhalten in Beziehung zu stehen, wie sich unten mit Mehrerem ergeben wird.

Erman über die fünffache Verschiedenheit der Körper in Rücksicht auf galvanisches Leitungsvermögen in Gilb. A. XXII. 14. Vergl. eb. XXIV. 407. — Vergl. Configliachi und Brugnatelli über die sogenannten galvanischen Leiter in Gehl. J. VIII. 319.

§. 264.

Ein Leiter, welcher von lauter Nichtleitern umgeben ist, die nur wenig von seiner E annehmen, heißt isolirt. So ist z. B. ein Metall, welches in trockner Luft auf Glas oder Pech steht, oder an seidenen Schnüren hängt, isolirt. Ein Nichtleiter ist durch sich selbst isolirt. Wenn die Nichtleiter im eigentlichen Sinne des Wortes solche wären, so müßte ein elektrisch gewordener Körper im isolirten Zustande seine E. gar nicht verlieren können; dieß ist aber nicht der Fall, wenn auch die umgebenden Nichtleiter zu den besten dieser Classe gehören.

Wenn hinsichtlich der Leitungsfähigkeit der Körper für E, je nach ihrem Ursprunge, eine beträchtliche Verschiedenheit statt findet, so muß dieß auch in Beziehung auf Isolationsfähigkeit der Fall seyn. So läßt sich ein mit Frictionselektricität begabter Körper viel leichter isoliren, als eine Säule, in welcher die E. durch Berührung erregt worden; wenigstens scheint es, daß sich die Säule in

Digitized by Google

den elektrometrischen Wirkungen auch durch die besten Isolatoren nicht vollkommen isoliren lasse. Vergl. unten §. 304.

§. 265.

Aus dem Begriffe der guten und schlechten Leiter folgt: Wenn zwei isolirte Leiter, wovon der eine elektrisch ist, der andere nicht, einander berühren, so wird die in jenem angehäufte E sich um so schneller in beiden verbreiten, je bessere Leiter sie sind. Berühren hingegen zwei Nichtleiter einander, wovon der eine elektrisch ist, der andere nicht, so wird bloß zwischen den Berührungspuncten die E sich verbreiten; denn der elektrisirte Nichtleiter kann nicht seine ganze E von den übrigen Theilen bis an die Stelle der Berührung zusammen leiten, und eben so wenig kann sich die, von dem unelektrischen Nichtleiter aufgenommene, E weiter als auf die Berührungsstelle erstrecken. Wird ein unelektrischer, isolirter Leiter in Verbindung gesetzt mit einem elektrischen Nichtleiter, so empfängt jener ebenfalls nur die an der Berührungsstelle haftende E von diesem; aber in dem Leiter vertheilt sich die empfangene E. auf seiner ganzen Fläche. Wenn endlich ein isolirter elektrischer Leiter mit einem unelektrischen Nichtleiter in Verbindung gesetzt wird, so erfolgt die Verbreitung der ganzen, in jenem befindlichen, E zwischen ihm und der Berührungsstelle des Nichtleiters. Man ersieht hieraus, daß ein elektrischer Leiter oder Nichtleiter an einen Nichtleiter nur sehr wenig E abgiebt; eben so daß ein elektrischer Nichtleiter nur wenig von seiner E durch einen Leiter verliert, wenn die Verbindung zwischen beiden nur an wenigen Stellen statt findet; und endlich daß ein elektrischer Leiter mit einem andern sehr großen Leiter, z. B. mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, alle seine E einbüßt. In allen diesen Fällen erfolgt die Fortpflanzung der E. stets durch Mittheilung.

Da es nach dem vorigen §. keine vollkommenen Nichtleiter giebt, so ist die gar nicht erfolgende Verbreitung der E in einem Nichtleiter nicht in dem absoluten Sinn, wie oben, zu nehmen.

Digitized by Google

Die Verbreitung der stärkeren Grade der E durch gute Leiter, auch von beträchtlicher Länge, erfolgt mit einer ungeheuern Geschwindigkeit; nach den Versuchen von W. Watson entlud sich eine Leydner Flasche (§. 287.) durch einen Metalldraht von 12276 Fuß Länge mit solcher Schnelligkeit, daß man keinen Zeitunterschied wahrnehmen konnte (Philos. Transact. 1748. 91 u. 491). Schwächere Grade von E scheinen aber einige Zeit zu brauchen, wenn sie lange und unvollkommne Leiter durchdringen sollen.

§. 266.

Die Mittheilung der E richtet sich nicht nach den Massen, sondern nach dem Verhältnisse der Oberflächen und den Ausdehnungen in die Länge. Je mehr nämlich die Längenausdehnung eines Körpers im Verhältnisse zu der seiner andern beiden Dimensionen beträgt, desto mehr kann ein solcher Körper, unter übrigens gleichen Umständen, E aufnehmen. Die Menge E, welche ein Körper aufnehmen kann, heißt dessen Capacität für E.

Daß nur von einer Capacität isolirter Körper die Rede seyn könne, versteht sich von selbst; denn nicht isolirte Körper haben eigentlich eine unendliche Capacität.

§. 267.

Die Mittheilung der E. erfolgt nicht bloß bei unmittelbarer Berührung, sondern meist schon in einer größeren oder geringeren Entfernung. In diesem Falle ist die Mittheilung ebenfalls wie die Vereinigung der entgegengesetzten EE, mit einer Lichterscheinung begleitet. Daß übrigens auch in diesem Falle eine Vereinigung der beiden EE erfolge, und also keine Mittheilung im eigentlichen Sinne des Worts statt findet, wird sich unten (§. 275.) ergeben.

Das elektrische Licht wurde zuerst von Boyle, Otto v. Guericke, Wall und Hawksbee an Nichtleitern beobachtet. Die eigentliche Entdeckung des Funkens aber machte Du Fay, welcher ihn zuerst aus seinem eigenen Körper zog. (Mém. de Paris 1733.)

Digitized by Google

§. 268.

Der mit einer Lichterscheinung begleitete Uebergang der E von einem Körper zum andern erfolgt entweder in Gestalt eines Funkens oder eines Lichtbüschels. Jener entsteht gewöhnlich, wenn die Enden der einander genäherten Körper stumpf oder abgerundet sind; dieser hingegen, wenn beide Körper, oder auch nur einer, sich in Spitzen endigen.

§. 269.

Je nach der Intensität der E, (§. 255.) zeigt sich bei stumpfen oder abgerundeten Körpern, in größerer oder geringerer Entfernung, der elektrische Funke. Diese Entfernung heißt die Schlagweite. Sind beide Körper Leiter, und ist der, welcher den Funken empfing, mit der Erde verbunden, so ist, unter übrigens gleichen Umständen, der Funke am stärksten, und nachher findet sich alle E ebenso abgeleitet, als wenn beide Leiter in unmittelbarer Berührung gestanden hätten. Ist einer von beiden Körpern ein Nichtleiter, so ist der Funke schwach, und zwar am schwächsten oder kaum merkbar, wenn der Leiter elektrisch, der Nichtleiter aber unelektrisch ist.

Daher pflegt man, wenn die Entstehung starker Funken beabsichtigt wird, dieselben nie aus einem Nichtleiter zu ziehen, sondern man verbindet den Nichtleiter, wenn er, wie in der Folge sich ergeben wird, die Elektricitäts-Quelle ist, mit einem isolirten guten Leiter, aus welchem die Funken gezogen werden.

Mit eben so großer Geschwindigkeit, als die Verbreitung der E. durch gute Leiter erfolgt (§. 265. Anm.), bricht auch der Funke hervor. Eben deßhalb ist es nicht wohl möglich, die Richtung des Funkens, nämlich aus welchem Körper er komme, und in welchen er gehe, zu unterscheiden. — Hierüber habe ich selbst, und zwar durch Beobachter, welche keine vorgefaßte Meinung haben konnten, Versuche an der großen Cylindermaschine des hiesigen chemischen Laboratoriums angestellt, welche sich besonders hiezu eignet, indem

Digitized by Google

das Reibezeug mit einem gleich großen Conductor, wie der Cylinder versehen ist; allein die Meinungen fielen stets getheilt aus. Dieß ist aber entschiedene Thatsache, daß die Schlagweite beim Conductor des Reibezeugs, unter übrigens ganz gleichen Umständen, stets größer ist, als beim positiv elektrisirten; auch ist eine Farbenverschiedenheit unverkennbar. Vergl. dagegen Van Marum in Schw. J. XXIX. 475. und Muncke in Gilb. n. A. XI. 95.

Die Schlagweite ist eben so verschieden, als wie die Intensität der E. Sie beträgt bei kräftigen Elektrisirmaschinen 1 Fuß und noch mehr: die Maschine im Teylerischen Museum zu Haarlem giebt sogar Funken von 2 Fuß Länge und von der Dicke eines Federkiels.

Elektrische Pausen, zuerst von Groß bemerkt (Elektrische Pausen, Leipz. 1776. 8.

§. 270.

Wenn der elektrische oder der unelektrische Körper in Spitzen sich endigen, so entsteht, wie schon §. 268. bemerkt worden, nicht so leicht ein Funke, aber es erfolgt in viel größerer Entfernung ein oft mit einem Geräusch begleitetes Ueberströmen des elektrischen Lichtes in Gestalt eines Lichtbüschels. Dabei geht dieses Ueberströmen stets von der Spitze aus, gleichviel ob sie elektrisirt ist, oder nicht, wie man leicht bemerken kann, wenn zwischen der Spitze und dem andern, entweder abgerundeten oder abgeplatteten, Körper eine brennende Kerze gestellt wird, wo man das Blasen der Spitze auf die Flamme deutlich wahrnehmen kann. Wir erklären uns dieses Blasen aus dem Abstoßen der vor der Spitze befindlichen Luftschicht, welche durch jene fortdauernd gleichnamige E erhält.

Elektrisches Rad, Windmühle und andere elektrische Spielereien u. s. w. Verschiedenes Licht beider E E.

§. 271.

Die Mittheilung der E durch platte Flächen erfolgt nur sehr schwierig, und wenn ein Funke oder ein Ausströmen entsteht, so geschieht dieß zunächst an einer Stelle, wo etwa

Digitized by Google

auf der einen oder andern Fläche eine Erhabenheit hervorragt, z. B. Staub liegt.

Daher kann man eine glatte Metallplatte auf einen, durch Reiben elektrisch gewordenen, Harzkuchen ganz aufsetzen, und eine Zeitlang stehen lassen, ohne daß sie die mindeste E von dem Kuchen empfienge.

§. 272.

Aus den vorhergehenden §§. ergiebt sich nun, daß die Mittheilung der E durch Spitzen sehr erleichtert, durch abgerundete Enden schon etwas beschränkt, durch ebene glatte Flächen endlich sehr erschwert werde.

Spitzen werden daher stets angewendet, wo es auf fortdauerndes Einsammeln oder Zerstreuen großer Quantitäten E ankömmt, z. B. am Collector der Elektrisirmaschine, an den Enden der Auffangstangen bei Blitzableitern ꝛc. Sie werden dagegen sorgfältig vermieden, wo man das Zusammenhalten der bereits angesammelten E beabsichtigt, wie z. B. am Conductor der Elektrisirmaschinen, an den Belegungen der Flaschen, am Elektrophor ꝛc.

Alles das was in den vorhergehenden §§. 267. und fg. über Funken, Schlagweite u. s. w. gesagt worden, bezieht sich zunächst auf die durch Reiben erregte Elektricität. Was deshalb bei der durch Berührung erregten E statt findet, davon findet sich das Nähere unten §. 327.

Erregung der EE durch Vertheilung.

§. 273.

Die Schlagweite (§. 269.) ist noch nicht die größte Entfernung, in welcher ein elektrisirter Körper auf einen andern nicht elektrisirten wirkt, sondern eine elektrische Wirkung erstreckt sich noch auf größere Entfernungen: der Raum, worin diese statt hat, heißt der elektrische Wirkungskreis oder die elektrische Atmosphäre eines Körpers.

J. C. Wilke de electricitatibus contrariis. Rostoch. 1757. 4.

Digitized by Google

§. 274.

Eine solche Wirkung eines elektrisirten Körpers auf andere in größeren Entfernungen, als in der Schlagweite, richtet sich ganz nach dem allgemeinen Grundgesetz (§. 258.). Da wir nämlich in jedem nicht elektrisirten Körper beide EE zur Indifferenz vereinigt angenommen haben (§. 257.), so wird ein elektrisirter Körper in den ihn umgebenden, nicht elektrisirten stets die der seinigen entgegengesetzte E anziehen, und die gleichnamige abstoßen. Dadurch erfolgt eine Entzweiung in denselben: jene wird gebunden, diese frei, und äussert sich als solche. So wie aber die nicht elektrisirten Körper ausser dem Wirkungskreise des elektrisirten kommen, muß sich nothwendig der anfängliche indifferente Zustand wieder herstellen. Man nennt dieß das Gesetz der Vertheilung der Elektricität.

Die von dieser Vertheilung abhängigen Erscheinungen zeigen sich verschieden, je nachdem der in den Wirkungskreis kommende Körper ein Leiter oder Nichtleiter ist. Ist er ein Leiter und isolirt, so erhält das zunächst dem elektrisirten Körper zugekehrte Ende die entgegengesetzte E und das andere die gleichnamige; ist er ein Leiter und nicht isolirt, so zeigt das andere Ende gar keine E, oder man kann eigentlich, weil er jetzt mit der Erde ein einziges Ganzes ausmacht, dieses Ende gar nicht finden. Ist er endlich ein Nichtleiter, so wird er zwar an dem, zunächst gegen den elektrisirten Körper zugekehrten, Ende die entgegengesetzte E annehmen; aber dieß wird sich wegen des Widerstandes, den die Nichtleiter der Vertheilung der E entgegensetzen, nur auf eine geringe Weite erstrecken, und nicht sehr stark seyn. Weiter gegen das andere Ende zu wird der Nichtleiter abwechselnde Zonen von + E und — E erhalten, deren eine stets durch den Wirkungskreis der andern entsteht, welche EE aber weiterhin immer schwächer werden, und sich endlich ganz verlieren. Dieß gilt nun insbesonders von der, die isolirten elektrischen Körper, unter den gewöhnlichen Umständen, umgebenden Luft.

Durch Versuche mit einem isolirten Conductor, an dessen einem Ende zwei Korkkügelchen hängen, und dessen anderem Ende eine geriebene

Digitized by Google

Glas- oder Harzstange genähert wird, läßt sich das Gesetz der Vertheilung recht anschaulich machen.

§. 275.

Hieraus erklärt sich nun von selbst, daß der elektrische Funke, welcher entsteht, wenn ein elektrisirter Körper einem andern, nicht elektrisirten, bis auf Schlagweite genähert wird (§. 269.), ganz von demselben Gesetz abhängt, als der Funke, welcher überspringt, wenn zwei entgegengesetzt elektrisirte Körper einander bis auf Schlagweite genähert werden. Denn der entgegengesetzt elektrische Zustand, welcher in diesem Falle schon vor dem Zusammentreffen beider Körper in ihren beiderseitigen Wirkungskreisen statt findet, wird in jenem Falle auf die im vorigen §phen angegebene Weise, durch Bindung der dem elektrisirten Körper entgegengesetzten E in dem vorher nicht elektrisirten Körper hervorgerufen.

§. 276.

Aber darin findet ein bedeutender Unterschied statt, daß nach dem Ueberspringen des Funkens zwischen zwei entgegengesetzt elektrisirten, isolirten Leitern entweder der indifferente Zustand sich herstellt, oder der Ueberschuß der einen der beiden EE über die andere in beiden Leitern vertheilt übrig bleibt, je nachdem entweder die beiden EE gleich stark, oder die eine stärker als die andere gewesen waren. Hingegen in zwei isolirten Leitern, wovon der eine elektrisirt, der andere nicht elektrisirt war, ist nach dem Ueberspringen die E von jenem in beiden Leitern nach §. 266., verbreitet. Ist endlich der nicht elektrisirte Leiter in Verbindung mit der Erde, so wird nach dem Ueberspringen des Funkens der erste der oben angeführten Fälle, nämlich der indifferente Zustand, eintreten.

§. 277.

Also auch in dem Falle, wenn ein nicht elektrisirter Körper von einem elektrisirten E in Schlagweite durch Mittheilung empfangen hat, wird stets die E. in jenem von der

Digitized by Google

Vertheilung seiner ursprünglichen EE herrühren. Man ersieht hieraus, daß wenigstens in diesem Falle keine Mittheilung der E nach Art wie Mittheilung der Wärme (§. 182.) erfolgen könne, und daß also zur Bezeichnung dieser Fortpflanzung des elektrischen Zustandes, der Name Mittheilung nicht ganz passend sey.

§. 278.

Wenn sich nun endlich E von einem Körper zum andern, welche beide einander völlig berühren, fortpflanzt, wobei also der Uebergang nicht durch Funken sichtbar wird, so fragt sich, ob dieß durch einen zusammenhängenden Strom, oder durch eine Theilung von abwechselnden Zonen erfolge. In letzterem Falle müßten nämlich, wenn z. B. + E aus einem elektrisirten Körper durch einen Draht strömen soll, eine Menge abwechselnder Zonen in diesem Draht entstehen, so daß die, durch die + E jenes elektrisirten Körpers hervorgerufene, — E der ersten Zone die + E der nächsten bindet, die dadurch frei werdende + E dieser Zone mit der — E der folgenden sich vereiniget und so fort, bis endlich die + E der letzten Zone übrig bleibt, welche den ganzen Draht durchlaufen zu haben scheint, obgleich sie sich nicht weiter, als die Theilung in Zonen erforderte, fortbewegt hat.

Wenn sich zwar diese Sache durch die Erfahrung nicht entscheiden läßt, so muß denn doch nach dem Gesetze der Vertheilung angenommen werden, daß jederzeit eine Entzweiung der ursprünglichen EE in einem Leiter, durch welchen sich E fortpflanzt, erfolgen müsse, welches auch bei schlechten Leitern bemerkbar wird. Es kann indeß nicht geläugnet werden, daß verschiedene Erscheinungen aus einer solchen Theilung in Zonen allein nicht erklärt werden können: so z. B. das leichtere Ausströmen der EE. aus Spitzen und das nie erfolgende Eindringen in dieselben (§. 270.); ihr leichterer Durchgang durch verdünnte Luft; die Eigenschaft gewisser Halbleiter, unter gewissen Umständen die Eine E leichter durchzulassen als die andere (§. 263.); endlich die Löcher, welche die entladene E durch dünne Körper schlägt, welche sowohl für eine

Digitized by Google

Theilung in Zonen, als für ein entgegengesetztes Strömen zu sprechen scheint.

Es ist hier nochmals Bezug zu nehmen auf das, was im vorig. Sphen bemerkt worden; man vergesse nur nicht den wichtigen Unterschied: der ursprünglich in einem Körper schon enthaltene Wärmestoff hat gar keinen Antheil an demjenigen, welchen jener von einem wärmeren Körper empfängt; nicht so ist es aber bei Mittheilung der E: hier haben stets die in dem, die E. empfangenden, Körper schon ursprünglich enthaltenen EE Antheil an der sogenannten Mittheilung.

§. 279.

Wenn sich zwei entgegengesetzt elektrische Körper einander nähern, die Vereinigung beider EE aber theils durch ihre Gestalt (in platten Flächen §. 271.), theils durch zwischen ihnen befindliche schlechte Leiter verhindert wird, so vermindert sich die Intensität (§. 255.) der entgegengesetzten EE, und zwar desto mehr, je näher sie einander kommen. Hingegen vermehrt sich dadurch die Capacität (§. 266.), d. h. jeder der beiden Körper kann nun bei weitem mehr von der ihm eigenthümlichen E aufnehmen, als außerdem. Dasselbe findet nach §. 285. statt, wenn, unter denselben Umständen, einem isolirten elektrischen Körper ein nicht isolirter indifferenter Körper genähert wird, in welchem Falle jener bei weitem mehr von der ihm eigenthümlichen E. aufnehmen kann, als außerdem.

§. 280.

Auf das Gesetz der Vertheilung gründen sich mehrere für die Elektricitätslehre sehr wichtige Apparate: namentlich der Elektrophor (Elektricitätsträger) und der Condensator (Elektricitätssammler).

Volta hat das unstreitige Verdienst, dem Elektrophor seine jetzige bequeme Einrichtung und seinen Namen gegeben zu haben; (Lettre de Mr. Alex. Volta sur l'électrophore perpétuel de son inven-

Digitized by Google

tion in Rozier obs. sur la physique etc. T. VII. Juill. 1776. 21.) wenn gleich die erste Erfindung Wilke (Schwed. Abhdl. Th. 24. 20ster Vers. S. 271) zuzuschreiben seyn dürfte.

Auch der Condensator, wodurch die allerschwächsten Grade der E merklich gemacht werden können, ist eine Erfindung Volta's (Rozier Journ. de Phys. May, Juill., Août 1783.) — Alle Condensatoren gründen sich auf den im §. 279. aufgestellten Satz. Zu den Condensatoren gehören auch: Bennet's und Nicholson's E. Verdoppler, Cavallo's E. Vervielfältiger, Wilson's doppelter Vervielfältiger u. s. w. Vergl. Gilb. A. IX. 121 u. 158.

Von den beiden Hauptquellen der Elektricitäten im Allgemeinen.

§. 281.

Wir haben bisher die Gesetze der EE im Allgemeinen, ohne Rücksicht zu nehmen auf die Entstehungsart derselben, kennen gelernt. Um aber mit den Wirkungen der EE auf Körper, und mit den bleibenden Veränderungen, welche sie in denselben hervorbringen, vertraut zu werden, welches hauptsächlich in den Bereich der Chemie gehört, ist es nöthig, die Haupterregungs-Mittel der EE, Reibung und Berührung, so wie die Bedingungen ihrer Erregung und die Art ihrer Anwendung, um bleibende Veränderungen in den Körpern zu veranlassen, kennen zu lernen.

Erregung der Elektricität durch Reiben.

§. 282.

Obschon es wohl keine zwei verschiedenartige Körper geben dürfte, welche nicht durch gegenseitiges Reiben an einander elektrisch werden, so kann doch die Elektricitätserregung nur wahrnehmbar werden, wenn entweder einer von den beiden reibenden Körpern ein Nichtleiter (§. 262.) oder ein isolirter Leiter (§. 264.) ist. Indem man stets harte Körper

Digitized by Google

an weichen zu reiben pflegt, weil, abgesehen von andern hiemit verbundenen Vortheilen, dadurch am bequemsten die geriebene Fläche sich vergrössern läßt, wovon unter übrigens gleichen Umständen der Grad der erregten E. abhängt: so nennt man jene die geriebenen, diese die reibenden Körper, oder die Reibezeuge.

Obgleich feste Körper zur Elektricitätserregung durch Reiben am meisten sich eignen, so ist es doch wahrscheinlich, daß auch E. erregt werde, wenn feste Körper durch flüssige gerieben werden, welches auch in manchen Fällen nachgewiesen worden ist.

§. 283.

Am stärksten elektrisch werden durch Reiben mit schicklichen Reibezeugen die Nichtleiter, weßhalb man sie an sich elektrische Körper (Corpora idioelectrica) zu nennen pflegt. Stets aber zeigen sich der geriebene Körper und das Reibezeug entgegengesetzt elektrisch (§. 254.)

§. 284.

Die Qualität der E des geriebenen Körpers hängt nicht bloß von dessen chemischer Beschaffenheit, sondern auch von der Natur des Reibezeuges ab: ein und derselbe Körper kann entgegengesetzte EE annehmen, je nachdem er mit diesem oder jenem Reibezeuge gerieben wird. Hieraus folgt, daß die Benennung der beiden EE nach dem Körper, durch welchen sie beim Reiben erregt wird, nicht passend sey. Die ehemals angenommene Unterscheidung der beiden EE durch Glaselektricität (+ E) und Harzelektricität (— E) (§. 257. Anm.) ist demnach nicht characteristisch.

Man hat Tafeln, welche die Art der E sehr vieler Körper angeben, wenn solche mit verschiedenen Reibezeugen gerieben werden. S. Cavallo Vollst. Abhdlg von der Elektricität, aus dem Engl. Lpzg 1779. 19. — Singer's Elem. der Elektricität und Elektrochemie, aus dem Engl. von Müller. Breslau

Digitized by Google

1819. 20. Zu bemerken ist nur noch, daß auf das Resultat solcher Versuche zur Bestimmung der E. durch Reibung, der Zustand der angewandten Körper, und die Art wie gerieben wird, bedeutenden Einfluß hat. Auch gleichartige Körper können durch wechselseitiges Reiben zuweilen elektrisch werden, wenn nämlich die Bewegungen, die ein jeder dabei erleidet, ungleich sind; gewöhnlich zeigt dann der Körper, dessen Oberfläche in einem kleineren Umfange als die des andern gerieben worden ist, — E.

§. 285.

Wenn wir nach §. 257. in jedem nicht elektrischen Körper + E und — E zur Indifferenz verbunden annehmen, und berücksichtigen, daß zwei geriebene Körper nach dem Reiben in entgegengesetzt elektrischen Zuständen sich befinden, so dringt sich uns die Ansicht auf, daß in dem geriebenen Körper nicht nur die ihm eigenthümliche E frei geworden sey, sondern daß er auch die gleichnamige E des Reibezeuges aufgenommen habe, und umgekehrt. Sofern nun in jedem Körper eine bestimmte Quantität der indifferenten elektrischen Materie anzunehmen ist, welche unter verschiedenen Umständen variiren kann, so muß die Summe der durch Reiben erregten EE genau jener ursprünglichen, in dem geriebenen und reibenden Körper enthaltenen Menge entsprechen. Wenn daher das Reibezeug mit andern Körpern in leitendem Zusammenhange steht, so muß als möglich gedacht werden, daß die Menge der in dem geriebenen Körper frei werdenden E wachsen könne, und zwar um so mehr, je mehr die jenen Körpern eigene elektrische Materie beträgt. Dieser Schluß wird durch die Erfahrung vollkommen bestätigt. Wenn nämlich der reibende und der geriebene Körper isolirt sind, so ist die Menge der erregten EE unbedeutend; wird hingegen einer von beiden durch einen Leiter mit der Erde in Verbindung gesetzt, so sammelt sich die E des andern in bei weitem größerer Menge an; denn nun kann dieser nicht nur aus der unerschöpflichsten Elektricitätsquelle, aus der Erde, seine E aufnehmen, sondern es kann auch die entgegenge-

Digitized by Google

setzte, durch die Entzweiung freigewordene, E in die Erde entweichen.

§. 286.

Vorrichtungen, welche dazu dienen, die EE durch Reiben zu erregen, und sodann in isolirten Leitern anzusammeln, nennt man Elektrisirmaschinen. Der geriebene Körper ist gewöhnlich eine gläserne Scheibe oder ein Glascylinder, das Reibezeug ein Lederkissen, welches mit einem Amalgam (aus 1 Th. Zink, 1 Zinn und 2 Quecksilber) und Fett bestrichen ist, und nach Willkühr mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, oder isolirt werden kann. Die in dem Glase erregte +E wird von dem ersten Hauptleiter (Conductor primus, principalis) einem isolirten hohlen Cylinder aus Metallblech aufgenommen, und von diesem in einen zweiten Leiter geleitet, wobei man das Reibezeug nicht isolirt. Wird umgekehrt das Reibezeug isolirt, und dieser zweite Leiter mit demselben in leitende Verbindung gesetzt, während der Hauptleiter nicht isolirt ist, so erhält man die — E des Reibezeuges.

Aus dem vorigen §. ergiebt sich, warum einer der beiden reibenden Körper stets mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt werden müsse, wenn der andere das Maximum seiner Ladung annehmen soll.

Daß die Wirkung der Maschine nicht, wie man anzunehmen geneigt war, (Wollaston in Gilb. A. XI. 112) von einer Oxydation des Amalgams abhänge, hat Davy durch entscheidende Versuche darzuthun gesucht (Elem. des chem. Theils der Naturwissensch. I. 143).

§. 287.

Wenn ein Nichtleiter, z. B. eine Glastafel, auf beiden Seiten mit Metallplatten (Stanniol) belegt, die eine dieser Belegungen mit dem Conductor, die andere mit dem Reibezeuge in leitende Verbindung gesetzt wird, so kann jede der beiden Belegungen, nach §. 279., bei weitem mehr von der

Digitized by Google

einen oder der andern E aufnehmen, als jede für sich, ohne in der Nähe der andern Belegung zu seyn, aufnehmen könnte. Bringt man hierauf beide Belegungen durch einen Draht in leitende Verbindung, so zeigt sich ein heftig prasselnder Funke, und wenn ein Mensch diese Verbindung mit den Händen bewirkt, so fühlt er eine starke Erschütterung in den Gelenken der Arme. Gewöhnlich pflegt man hiezu statt der Glastafeln gläserne Flaschen oder Zuckergläser zu nehmen, und dieselben auf der innern und äussern Fläche mit Stanniol zu belegen. Eine solche Vorrichtung heißt eine elektrische Verstärkungsflasche, Ladungsflasche (Kleistische oder Leidensche Flasche, Phiala Leidensis) und wenn ihrer innern und äussern Belegung die entgegengesetzten EE zugeführt worden, nennt man sie geladen. Wird die innere und äussere Belegung durch einen Leiter in Verbindung gebracht, so wird die Flasche entladen, es bricht hiebei ein Funke hervor, welcher der verstärkte elektrische Funke, dagegen jener (§. 268.) der einfache Funke genannt wird. Mehrere durch ihre äussern und innern Belegungen mit einander verbundene Flaschen nennt man eine elektrische Batterie.

Kleistische Flasche heißt sie, ihrem Erfinder von Kleist zu Ehren (Abhdlg der naturforsch. Gesellsch. in Danzig. I. 1747. 512) Leidensche Flasche, weil Cunäus in Leiden gleichzeitig dieselbe Erfindung machte.

Gewöhnlich wird eine Flasche so geladen, wie oben angegeben worden. Es ist übrigens einerlei, ob die beiden Belegungen in unmittelbarer Verbindung mit dem Leiter und dem Reibezeuge der Elektrisirmaschine, oder um die Schlagweite von ihnen entfernt gestellt werden. In letzterem Falle, und zwar wenn die Flasche isolirt ist, springt stets gleichzeitig zwischen der innern Belegung und dem Leitungsdrahte, und zwischen der äussern Belegung und dem Leitungsdrahte ein Funke über. Da die Elektricitätserregung durch die Elektrisirmaschine stets vorausgesetzt (§. 286.), daß entweder das Reibezeug oder der erste Hauptleiter mit der Erde leitend

Digitized by Google

verbunden sey, so wird die Ladung einer Flasche auch dann von statten gehen, wenn die innere Belegung mit dem Conductor oder Reibezeuge der Maschine in leitender Verbindung steht, und die äussere Belegung nur nicht isolirt ist. Ist sie aber isolirt, so kann sich die Flasche nicht laden; denn das Empfangen der E in der innern Belegung setzt stets das Entweichen der gleichnamigen aus der äussern Belegung voraus. Hieraus ergiebt sich nun von selbst, daß eine zweite nicht isolirte Flasche, auf deren innern Belegung jener Funke überspringt, sich ebenso laden werde, und so kann eine ganze Reihe von Flaschen, deren innere und äussere Belegungen stets gleichnamige EE erhalten werden, Ladung annehmen.

Noch ist zu bemerken, daß die Schlagweite (§. 269.) des verstärkten Funkens wegen der geringeren Intensität der E in der Flasche stets geringer ist, als die Schlagweite des einfachen Funkens.

Um den Weg der EE bei Entladung der Flaschen zu zeigen, hat Ekmark (Gilb. A. XXIII. 431) interessante Versuche angestellt, und daraus zugleich einen neuen Beweis von der Richtigkeit der Symmerschen Hypothese (§. 257.) zu folgern gesucht.

Erregung der Elektricität durch Berührung.

§. 288.

Zwei ungleichartige Körper, so namentlich zwei verschiedene Metalle, Metalle und Schwefel, Säuren und Alkalien u. s. w. werden durch gegenseitige Berührung entgegengesetzt elektrisch. Diese entgegengesetzten elektrischen Zustände lassen sich während der Berührung nur durch besondere Veranstaltungen, nach aufgehobener Berührung aber durch ein hinlänglich empfindliches Elektrometer (§. 258. Anm.) ohne Schwierigkeit wahrnehmen. Säuren und Alkalien können nur im vollkommen trocknen Zustande, nicht aber im flüssigen die Elektricitätserregung erkennen lassen.

Volta (Gren's n. J. IV. 474. Vergl. hiemit: Ueb. die sogenannte galvanische Elektr. in Gilb. A. X. 427, 431)

hat zuerst die Contactelektricität mittelst seines Duplicators bemerkbar gemacht. Er nahm zwei Platten, eine von Silber, die andere von Zink, jede etwa 3" im Durchmesser, deren Oberflächen recht glatt geschliffen waren, und isolirte eine jede durch eine mit Siegellack überzogene Glassäule. Eine augenblickliche Berührung war hinreichend, daß die Zinkplatte Zeichen von + E, die Silberplatte Zeichen von — E zu erkennen gab. Bei Wiederholung des Versuchs, wo bloß die eine Platte isolirt, die andere nicht isolirt, applicirt wurde, zeigte jene eine doppelt so starke Ladung. Man nennt diesen Versuch, dem ausgezeichneten italienischen Physiker zu Ehren, Volta's Fundamentalversuch. Dieser (wie sich in der Folge ergeben wird) so äusserst wichtige Versuch ist von mehreren Physikern wiederholt und bestätigt worden. Jäger in Gilb. A. XIII. 415. Bohnenberger eb. n. A. XXIII. 366. Pfaff eb. nn. A. VIII. 277. Vergl. n. A. XXII. 109. Schmidt eb. nn. A. X. 232. — Parrot (eb. nn. A. I. 288) hat gegen Volta's Fundamentalversuch eingewandt, daß nur mit Hülfe der Abhebung und Wiederaufsetzung der einen Platte, also durch Friction, nicht aber durch zwei ruhende Platten, im ruhenden Zustande, E. erregt werde. Jenen ersten Einwurf hat schon Pfaff (a. a. O. 280.) begegnet. Eine Erfahrung, welche ich mit einem geriebenen und nicht geriebenen Elektrophor machte, (Schw. u. Mein. J. V. 268 Anm.) scheint ebenfalls gegen die Annahme einer bei Berührung durch Reibung erregten E zu sprechen. Dieser zweite Einwurf läßt sich beseitigen durch eine Art, den Fundamentalversuch anzustellen, wo das Auf- und Abheben gänzlich vermieden wird, und die beiden ruhenden Platten im ruhenden Zustande bleiben, und doch ganz derselbe Erfolg eintritt. Bohnenberger a. a. O. 367. Pfaff a. a. O. 287. —

Vergl. Nicholson's Skizze der von Bennet vor 1789 und von Cavallo vor 1795 angestellten Versuche über Elektricitätserregung durch gegenseitige Berührung von Metallen in Gilb. A. XVII. 428.

Davy (Gehl. J. V. 40 u. 45) oder Gilb. A. XXVIII. 171 u. 179) fand, daß ein trocknes Stück Kalk durch wiederholte Berührung mit Krystallen von Sauerkleesäure + E, die Sauerkleesäure durch Berührung mit dem Kalke — E zeigt. Kupfer und

Digitized by Google

Schwefel mit einander in Berührung gebracht, erregten nu. schwache EE; je näher aber der Schwefel seinem Schmelzpuncte kam, desto stärker zeigten sie sich (Kupfer + E, Schwefel — E); ein wenig über demselben vereinigten sich beide Körper unter Feuererscheinung (§. 170.) — Berührt man mit einer polirten Zinkplatte die Oberfläche von trocknem Queckſilber: so zeigt sie nach aufgehobener Berührung + E; durch Wärme wird die Wirkung verstärkt; durch einen hohen Wärmegrad aber vernichtet, weil dann das Zink mit dem Queckſilber sich amalgamirt.

§. 289.

Der Grad dieſer durch Berührung erregten EE richtet sich nicht nach der Größe der Berührungsflächen; denn Berührung auch nur in wenigen Puncten bewirkt eben so viel als in großen Flächen. Er ist aber verschieden nach der chemiſchen Beſchaffenheit der sich berührenden Stoffe, und richtet sich entweder nach dem verſchiedenen chemiſchen Verhalten derſelben zu einem dritten Stoffe oder nach dem Grade der chemiſchen Verwandtſchaft zu einander. Allein auch unter den günſtigſten Umſtänden werden durch Berührung nur ſchwache, bloß durch die empfindlichſten Elektrometer oder durch Condenſatoren (§. 280.) wahrnehmbare EE von ſehr geringen Intenſitäten (§. 255.) wahrgenommen; während durch Reibung auch nur ſehr kleiner Flächen an einander EE von bei weitem größeren Intenſitäten hervorgerufen werden.

Volta (Gilb. A. X. 433 Anm.) fand ſtets die elektriſche Spannung bei Zink und Kupfer 1/60 Grad ſeines Strohhalm-Elektrometers, und bei Zink und Silber ein klein wenig größer.

§. 290.

Die Qualität der E (+ E oder — E) hängt von der chemiſchen Beſchaffenheit der ſich berührenden Körper ab. Ein und derſelbe Körper kann indeß, je nachdem er von dieſem oder jenem andern berührt wird, + E oder — E annehmen. Die Metalle bilden folgende Reihe, in welcher jedes vorher-

Digitized by Google

gehende Metall + E zeigt, wenn es berührt wird durch irgend ein nachfolgendes, welches — elektrisch wird, und zwar zeigen sich beide EE um so stärker, je weiter die beiden Metalle in der Reihe von einander abstehen. Das Zink erhält mit allen Metallen + E; es ist daher unter ihnen das positivste.

Zink
Eisen
Zinn
Blei
Kupfer
Silber
Gold
Platin.

Diese Reihe ist fast die Stufenleiter der abnehmenden Verwandtschaften (§. 59.) dieser Metalle zum Sauerstoff, oder fast auch die der abnehmenden Verwandtschaften dieser Metalle, als Oxyde zu den Säuren. Man könnte demnach setzen: dasjenige Metall, dessen Oxyd die stärkere Verwandtschaft zu den Säuren hat, wird durch Berührung mit einem andern stets positiv.

Reißblei, mehrere Arten von Kohle, und besonders der schwarze krystallisirte Braunstein geben mit dem Zinke noch einen höheren Grad von Spannung, als diese Metalle; letzterer ein fast doppelt so große als Silber und Zink. Volta a. a. O. 436.

Hildebrandt über die Unabhängigkeit der Erregung des Galvanismus von dem Unterschiede der Oxydabilität in den einander berührenden Leitern, in Gehl. J. VI. 36.

Es ist hier vorzugsweise auf die durch Berührung der Metalle erregte E. Rücksicht genommen worden, weil diese stets angewendet werden, um Contactelektricität hervor zu rufen. Diese Elektricitätserregung ist übrigens, wie schon §. 288. bemerkt worden, eine allgemeine Erscheinung, und man hat auch bereits bei sehr vielen Körpern die Qualität der EE, welche sie nach ihrer Berührung zeigen, durch Versuche zu erforschen gesucht. Ritter bemühte sich in seinem Werke: Das elektrische System der Körper, ein Ver-

Digitized by Google

[u]ch. Lpzg 1805, ein ganz allgemeines Gesetz für die Abänderungen, welche die EE in dem Conflikte je zwei verschiedener Körper zeigen, aufzufinden, und durch ein solches Gesetz alle Körper in der Natur gleichsam in ein System oder in eine große Reihe zu ordnen. Allein dieser Physiker entfernte sich in diesem Unternehmen zu sehr von dem Wege wahrer Naturforschung, indem er durch seine dichtende Phantasie zu ergänzen suchte, was auf empirischem Wege aufzufinden, ihm entweder zu mühsam oder gar unmöglich schien, als daß jenes System, auch nur als Versuch, uns befriedigen könnte. Hier wurde es angeführt, weil es neben phantastischen Schöpfungen doch auch eine sorgfältige Vergleichung der an vielen Orten zerstreuten Erfahrungen, von denen viele von ihm selbst herrühren, enthält. Vergl. hierüber Pfaff in der Allgem. Literatur-Zeitung 1808. Nr. 31 und 32, auch in Gilb. A. XXVIII. 223. Pfaff's eigene Erregungsversuche zwischen Metallen und feuchten Leitern eb. 239. Vergl. auch Gehl. J. V. 82. Gilbert über die E, welche in der Berührung entsteht ꝛc. eb. 203: eine Zusammenstellung mehrerer hieher gehöriger Erfahrungen. So namentlich der Versuche Kortum's (im Auszuge) die Elektricitätserregung fein gepulverter, trockener Körper, wenn sie durch durchlöcherte Körper verschiedener Art gesiebt oder gepudert werden, zu zeigen, an welcher Erregung aber ohne Zweifel Berührung und Reibung Antheil haben.

§. 291.

Die durch Berührung je zweier verschiedenartiger Körper bewirkte Elektricitätserregung läßt sich der Intensität (§. 255) und der Capacität (§. 266.) nach multipliciren, wenn mehrere solcher sich berührender Paare entweder mit zwischen gelegten tropfbarflüssigen, die E. leitenden, Körpern, oder mit Halbleitern, oder endlich mit Nichtleitern (§. 262.) geschichtet werden. Gewöhnlich pflegt man aus vorstehender Reihe, Zink und Kupfer hiezu anzuwenden.

Diese Multiplication der Elektricitätserregung läßt sich nur auf die eben angegebene Weise bewirken; denn durch Uebereinanderhäufung mehrerer gleicher Metall-Plattenpaare kann diese elektrische Wir-

Digitized by Google

kung nicht verstärkt werden, indem dadurch entweder bloß eine elektrische Spannung wie die eines einzigen Plattenpaars erfolgt, oder die Wirkung völlig Null wird.

Schichtung der Plattenpaare mit feuchten Körpern.

§. 292.

Zu den tropfbarflüssigen Körpern, womit die einzelnen Plattenpaare geschichtet werden, dienen reines Wasser oder Wasser mit Säuren, Alkalien oder Salzen gemischt. Entweder wird die Flüssigkeit in Papp- oder Tuchscheiben, welche damit getränkt worden, zwischen die Plattenpaare gebracht, oder je zwei sich berührende oder gar zusammengelöthete Platten kommen in schicklichen Gefäßen mit der Flüssigkeit in Berührung. Die beim ersten Plattenpaare beobachtete Ordnung muß bei allen folgenden Paaren beibehalten werden. Eine solche Anordnung nennt man eine Volta'sche auch Galvanische Batterie, Elektromotor. Volta'sche oder elektrische Säule kann sie eigentlich nur genannt werden, wenn sie jene zuerst beschriebene Einrichtung hat, nämlich aus säulenförmig auf einander geschichteten Plattenpaaren und feuchten Papp- oder Tuchscheiben besteht.

Die allgemeine Form für eine solche Volta'sche Batterie ist

Zink	oder	Kupfer
Kupfer	"	Zink
Wasser	"	Wasser
Zink	"	Kupfer
Kupfer	"	Zink
.		.
.		.
.		.
.		.
		.
		.

Die Erfindung dieser elektrischen Batterie war die glänzendste des berühmten Volta. Beschreibung des neuen elektri-

schen oder galvanischen Apparats Alex. Volta's, und einiger wichtigen damit angestellten Versuche von Nicholson, aus Briefen Volta's an Bank's, wovon der erste Como den 20sten März 1800 datirt war; in Nicholson's Journ. of natural philosophy. V. 4. p. 179; übers. in Gilb. A. VI. 340. Ebend. X. 440. S. auch Pfaff's und Friedländer's franz. Annal. für die Naturgeschichte, Physik ꝛc. Hamb. 1802. II. 1.

Verschiedene Arten die Volta'schen Batterien zu construiren: Trogapparate, Becher-, Zellen- Röhrenapparate u. s. w.

Der Kürze wegen werde ich mich in der Folge stets des Namens Säule bedienen.

§. 293.

Wir nennen die Metalle oder andere trockne Stoffe der Säule Erreger (Excitatores) der ersten Classe (vollkommene Leiter), Wasser und alle vermöge des Wassers wirkende feuchte oder flüssige Stoffe, Erreger der zweiten Classe (unvollkommene Leiter.) Die beiden Enden der Säule heißen Pole. Jeder solcher Pol wird nach derjenigen Metallplatte benannt, die in jedem einzelnen Paar dem Pole zugekehrt liegt: so ist in dem ersten Schema des vorigen §phen oben der Zinkpol, unten der Kupferpol; im zweiten Schema verhält sich's umgekehrt. Sind diese beide Pole in nicht leitender Verbindung, so ist die Säule nicht geschlossen; im umgekehrten Falle aber ist sie geschlossen. Vollkommene Schließung findet statt, wenn der die beiden Pole verbindende Körper ein guter, unvollkommene Schließung, wenn er ein schlechter Leiter ist. Während der Schließung erfolgen — und dieß ist das Eigenthümliche der Säule — ununterbrochene Entladungen und Ladungen, und dieß dauert so lange fort, als die Wirksamkeit der Säule dauert. Der Körper, durch welchen sich die Säule entladet, erleidet je nach seiner Natur, und je nach der größeren oder geringeren Wirksamkeit

Digitized by Google

der Säule, irgend eine bleibende oder nur vorübergehende Veränderung, wie unten (§. 312. ff.) näher betrachtet werden wird.

Volta zeigte, daß die EE einer Säule wie einer Flasche einen Millionenmal breiteren Raum einnehmen, wenn die Entladung durch Wasser und andere Flüssigkeiten, als wenn sie durch Metall geschieht. Gilb. A. XIV. 263., s. auch Lagrave eb. XVIII. 343. Nach Biot (eb. X. 35.) bewegen sich die EE der Säule nur mit Schwierigkeit durch Wasser hindurch, aber sehr leicht längs der Oberfläche desselben hin. Gefriert das Wasser, so verliert es seine Leitungsfähigkeit für die Contact- wie für die Frictions-E. Erman a. a. O. 165. Bouvier eb. XIII. 443.

Eine vollkommen geschlossene und isolirte Säule ist zu vergleichen mit einer Elektrisirmaschine (§. 286.), deren Conductor mit dem isolirten Reibezeuge in leitender Verbindung steht, und in welcher durch anhaltendes Reiben ein ununterbrochenes Laden und Entladen statt findet.

§. 294.

Die elektrometrischen Wirkungen, welche, wie §. 289. bemerkt worden, ein einziges Plattenpaar nur im schwachen Grade zeigt, geben sich an den beiden Polen einer, aus mehreren Plattenpaaren bestehenden, Säule weit stärker zu erkennen; denn die elektrische Intensität nimmt nach Volta im arithmetischen Verhältnisse mit der Zahl der Plattenpaare zu. Uebrigens sind die Bedingungen, unter welchen elektrometrische Wirkungen statt finden, ganz dieselben, wie die für ein einzelnes Plattenpaar. So zeigt sich dem Grade nach derselbe Unterschied, je nachdem entweder beide Pole oder nur einer isolirt sind: in jenem Falle ist nämlich die elektrometrische Intensität nur halb so groß, als in diesem, wo immer der entgegengesetzte Pol von dem, der auf das Elektrometer wirkt, in leitender Verbindung mit dem Erdboden gesetzt ist. Hinsichtlich der Qualität der E findet aber durchaus kein Unterschied statt: stets zeigt der Zinkpol +E, der Kupferpol

Digitized by Google

— E, und in der Mitte der Säule giebt es stets einen Punct, der ganz indifferent ist, vorausgesetzt, daß die Säule so vollkommen wie möglich isolirt ist. Alle elektrometrische Wirkungen können übrigens nur dann eintreten, wenn die Kette nicht vollkommen geschlossen (§. 293.) ist; denn eine vollkommen geschlossene Säule wirkt gar nicht auf das Elektrometer.

Volta in Gilb. A. X. 441. 436. Carlisle eb. VI. 346. u. 361. Cruickshank eb. 361. Pfaff eb. X. 229. Erman über die elektroskopischen Phänomene der Volta'schen Säule eb. VIII. 197. u. über die des Gasapparats eb. X. 1. (Vergl. unten §. 230.). Ritter über den Galvanismus der Volt. Batterie eb. VIII. 385. Jäger hierüber eb. XII. 123. XIII. 399. — Nach meinen über die Wirkung der Säule auf das Elektrometer angestellten Versuchen (a. a. O. V. 251 ff.) zeigt sich die E Eines Pols der Säule am Elektrometer stärker, wenn zugleich mit der Hand der andere Pol, er mag isolirt seyn oder nicht, berührt wird; noch stärker, wenn man mit der andern Hand die unmittelbare oder mittelbare Unterlage des Elektrometers berührt; noch ungleich stärker, wenn die äussere Fläche des Glases, worin das Elektrometer eingeschlossen ist, berührt wird: im letzteren Falle ist es übrigens nicht einmal nöthig, daß man mit dem andern Pol der Säule in Verbindung steht. Die Unterlage des Elektrometers hat keinen merklichen Einfluß auf den Erfolg des Versuchs: sie kann ein Leiter oder Nichtleiter der E seyn. Eben so wenig hat es einen Einfluß, ob die Person, welche eine leitende Verbindung zwischen den Polen der Säule und dem Elektrometer bewirkt, isolirt ist oder nicht. Am merkwürdigsten ist es aber, daß durch bloße Berührung Eines Pols der Säule mit dem Finger ein in der Nähe stehendes Elektrometer die gleichnamige E des Pols erhält; dagegen die entgegengesetzte E, wenn während der Berührung des Pols mit der einen Hand das Glas, worin das Elektrometer eingeschlossen ist, mit der andern Hand berührt wird.

In Beziehung auf §. 262. Anm. und §. 293. ist hier noch zu bemerken, daß die gute Leitungsfähigkeit der sonst für Nichtleiter gehaltenen Stoffe nur auf die elektrometrischen, keineswegs aber auf die übrigen Wirkungen der Säule sich bezieht. Vergl. unten §. 304.

Digitized by Google

§. 295.

Wir haben nun die Bedingungen kennen zu lernen, unter welchen die Wirkungen der Säule sich vermehren oder vermindern lassen. Die verschiedenen Wirkungen derselben sind nicht stets an die nämlichen Bedingungen geknüpft. Sie lassen sich überhaupt unter zwei Hauptrubriken bringen: in die erste fallen die elektrischen oder physikalischen, in die zweite die chemischen Wirkungen. Jene sind besonders abhängig von dem Grade der Intensitäten der beiden EE in der Säule; diese von der Capacität der Säule (§. 266.) d. h. von der Quantität der in der Säule thätigen EE. Zu den physikalischen Wirkungen gehören die elektrometrischen, so wie die auf den thierischen Körper (Erschütterungsschläge); zu den chemischen die Zersetzungen zusammengesetzter Körper, die Verbrennungen, Schmelzungen u. s. w. Hier betrachten wir bloß die Bedingungen, von welchen die physikalischen und chemischen Wirkungen überhaupt abhängig sind; die letzteren lernen wir im Einzelnen unten näher kennen.

§. 296.

Auf die verschiedenen Wirkungen der Säule haben Einfluß: 1) die Anzahl der Plattenpaare; 2) die Größe oder Oberfläche der Platten; 3) die Berührungsfläche zwischen den Plattenpaaren und den dazwischen geschichteten feuchten Leitern; 4) die Leitungsfähigkeit, chemische Beschaffenheit und Dicke der feuchten Leiter; 5) die Isolirung der Säule; 6) der Temperaturgrad, welchem die Säule ausgesetzt ist; 7) das Medium, in welchem die Säule sich befindet. Endlich hat noch auf die Wirkungen der Säule die Dauer ihrer Wirksamkeit großen Einfluß.

Keinen Einfluß auf die Wirkungen der Säule scheint die Länge der Leiter, wodurch dieselbe geschlossen wird, zu haben. Hierüber haben sehr merkwürdige Versuche Basse (Gilb. A.

XIV. 26.) Erman (eb. 385) und Aldini (eb. XVIII. 342.) angestellt, die hier um so weniger unberührt bleiben dürfen, da aus ihnen wichtige Folgerungen für die Theorie der Säule sich ergeben. Basse schloß durch einen 4000 Fuß langen Metalldraht die Säule, wobei sich im Augenblicke der Schließung Funken und Wasserzersetzung zeigten; als er durch Strecken von 500 bis 4000 Fuß des Weserstroms, mittelst eben so langer Drähte, die Säule schloß, erfolgten dieselben Wirkungen, und gleichfalls durch 3000 Fuß lange Strecken eines Grabens, und 300 Fuß lange feuchten Erdbodens: die Wasserzersetzung trat jedoch in den letzteren Fällen immer erst nach 1 bis 2 Minuten ein. Dagegen fand Erman die Wasserzersetzung augenblicklich eintreten, als er durch einen 249 Fuß langen Bogen, wovon die Hälfte ein Theil der Havel bei Potsdam war, die Säule schloß. Am auffallendsten war es, daß durch ein einziges Zink-Silber-Plattenpaar ein Froschpräparat durch einen solchen 449 Fuß langen Bogen in die heftigsten Zuckungen versetzt wurde. Vergl. oben §. 205. Anm.

§. 297.

Mit der Anzahl der Plattenpaare scheinen unter allen Umständen die Intensitäten oder Spannungen der Säule, mithin alle hievon abhängigen Wirkungen, namentlich die auf das Elektrometer, so wie die auf den thierischen Organismus durch Schläge, stets in arithmetischem Verhältnisse zu wachsen *). Die chemischen Wirkungen hingegen, welche wir entweder schätzen nach der Gasentwicklung (§. 331.) oder nach dem Vermögen der Säule, eine größere oder geringere Länge eines Metalldrahts ins Glühen zu versetzen, oder zum Schmelzen zu bringen, scheinen nach anderen, noch nicht genau ausgemittelten Verhältnissen mit der Zahl der Plattenpaare zuzunehmen **).

*) Volta in Gilb. A. VI. 342. und X. 441. Jäger eb. XIII. 402. — Davy (Elem. des chem. Theils der Naturwissenschaft übers. von Wolff 131.). — Bohnenberger in Gilb. n. A. XIII. 348. Vergl. unten §. 309.

**) Nach Lagrave (Gilb. A. XVIII. 350.) soll die wasserzersetzende Kraft der Säule in geradem Verhältnisse, nach Gay-Lussac und Thenard (Gilb. n. A. VIII. 145) nahe im Verhältnisse der Cubikwurzeln, nach Davy (a. a. O. 137) nahe im Verhältnisse des Quadrats der Anzahl der Plattenpaare stehen. Nach meinen Versuchen (Schw. u. Mein. n. J. VII.) verhält sich die wasserzersetzende Kraft zweier mit Kochsalzlösung aufgebauter Säulen wie 4 : 7, wenn sich die Anzahl ihrer Plattenpaare wie 4 : 8 verhält. Man ersieht aus diesen widersprechenden Angaben, daß wir noch nicht das wahre Gesetz kennen. Vergl. auch noch Hisinger und Berzelius in Gilb. A. XXVII. 299. — Schätzt man die chemische Wirksamkeit nach der Länge Stahldraht, welche die Säule beim Schließen verbrennt, so würde sie nach Wilkinson (Gilb. A. XIX. 46) und Singer (Gilb. n. A. XIV. 231) genau im Verhältnisse der Anzahl der Plattenpaare, folglich in gleichem Verhältnisse mit der Intensität zunehmen. Bei einer Vermehrung der Plattenpaare über 100 scheint aber ein Verlust der Kraft einzutreten; denn nach Davy (a. a. O. 137) machten 100 Paare 3 Zoll eines Platindrahts glühend, 1000 Paare hingegen nur 13 Zoll von demselben Draht.

§. 298.

Die Oberfläche der Platten hat gar keinen Einfluß auf die Intensität oder Spannung der Säule. Es zeigen daher Säulen von gleicher Anzahl, aber von verschiedenem Durchmesser der Platten ganz gleiche elektrometrische Wirkungen und geben ganz dieselben Schläge *). Dagegen verhalten sich die chemischen Wirkungen der Säule, sofern sie durch die wasserzersetzende Kraft gemessen werden, nach Gay-Lussac und Thenard**), unter übrigens gleichen Umständen, nahe wie die Oberflächen der Plattenpaare; so fern sie durch die Länge Stahldraht, welche beim Schließen zum Glühen kommt oder verbrennt, gemessen werden, scheinen sie in einem höheren, als in dem Verhältnisse der Quadrate der Oberflächen zu stehen ***). Auch die Funken (§. 268.) richten sich nach

der Größe der Plattenpaare; denn sie sind bei einer geringen Anzahl großer Plattenpaare sichtbarer, als bei Anwendung einer großen Anzahl kleiner Plattenpaare †).

*) Volta hat dieß schon an kleinen Säulen bemerkt, van Marum und Pfaff (Gilb. A. X. 143, 146 u. 158; auch Voigt's Magazin III. 726 f.) haben aber diese Versuche mit größeren Säulen und oftmals wiederholt, und ebenso gefunden, daß auch die Ladung einer elektrischen Batterie durch die Säule (§. 308.) bloß von der Anzahl der Plattenpaare, nicht aber von deren Größe abhängig ist. S. auch Reinhold eb. X. 480; und Biot eb. XVIII. 151.

**) a. a. O. 147. S. dagegen Davy in Gilb. A. XII. 358. und Ritter eb. XIII. 64. Anm. und eb. XIX. 19.

***) Wilkinson a. a. O. Vergl. Cuthberson (Gilb. A. XXIII. 263 und besonders Davy's Elemente 137. Nach van Marum (Gilb. A. X. 159) nimmt die Kraft zu schmelzen nicht im Verhältnisse der Oberfläche der Plattenpaare zu.

†) Fourcroy, Vauquelin und Thenard in Gilb. A. VIII. 371. — Simon eb. 493 und IX. 395 ff.

Im Allgemeinen können wir demnach setzen: die Intensität der E wachse im Verhältnisse der Zahl, die Quantität der E. im Verhältnisse der Größe der Oberflächen der Plattenpaare, und so steht also der absolute Effect einer Säule im zusammengesetzten Verhältnisse der Zahl und der Größe der Plattenpaare. Hieraus ergiebt sich, welche Dimensionen der Säule man zu erwählen habe, je nachdem man diese oder jene Wirkungen hervorzubringen beabsichtigt. Davy in Gilb. A. XXVIII. 183 und Children's Versuche, um die vortheilhafte Einrichtung eines Volta'schen Apparats auszumitteln, der zu chemischen Versuchen bestimmt ist. In Gilb. n. A. VI. 364; im Auszuge auch in Schw. J. I. 374. Vergl. auch Ritter in Gilb. A. XIX. 21.

Ob durch Verbindung der gleichnamigen Pole von m Säulen, deren jede aus n Platten besteht, wovon eine jede die Oberfläche a hat, eine

der Intensität und Quantität nach ganz gleiche Wirksamkeit hervorgerufen werde, welche eine Säule aus n Platten, wovon eine jede die Oberfläche ma hat, äussert, sollte man vermuthen, ist aber noch nicht mit völliger Gewißheit ausgemittelt worden. Vergl. Reinhold in Gilb. A. XI. 382 Anm. und eb. XII. 46.

§. 299.

Die Wirksamkeit einer Säule ist dem Grade nach, bei übrigens gleichen Umständen, nicht von der Größe der Berührungsfläche der beiden Metalle abhängig; denn es ist hinreichend, wenn sie sich auch nur in einem einzigen Puncte berühren; allein mit Vermehrung der Berührungspuncte vermehrt sich die Leitungs- und folglich auch die schnellere Ladungsfähigkeit. Dagegen richten sich die Wirkungen der Säule (die elektrometrischen ausgenommen) nach der Größe der Fläche, in welcher der flüssige Leiter jedes der beiden Metalle berührt.

Volta in Gilb. A. VI. 344 und eb. XII. 514. — Van Marum und Pfaff eb. X. 145. Nach denselben sind zwar die Intensitäten zweier Säulen ganz dieselben, von welcher Größe auch die Berührungsflächen zwischen Metall und feuchtem Leiter seyn mögen; alle übrigen Wirkungen aber zeigen sich in der Säule mit breiten Pappplatten viel stärker, und ohne Zweifel deshalb, weil die Schnelligkeit der Entladung mit der Größe der Berührungspuncte zwischen den feuchten und festen Leitern zunimmt. Vergl. auch Biot eb. XVIII. 149.

§. 300.

Einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Größe und Dauer der Wirksamkeit der Säule hat die chemische Beschaffenheit, die Leitungsfähigkeit und die Dicke des feuchten Leiters. Man kann nämlich im Allgemeinen setzen: je besser der feuchte Leiter leitet, je leichter er zerlegt wird, und je dünner die Schicht ist, welche er bildet, desto größer ist die

Wirkung der Säule. Allein es gilt hier wieder das Nämliche, was in den vorhergehenden §§. bemerkt worden: nicht alle Wirkungen richten sich nach gleichem Verhältnisse, oder auf gleiche Weise nach der Natur des feuchten Leiters. Ein Condensator erhält von Säulen, die in allem gleich sind, bis auf den feuchten Leiter, in gleichen Zeiten verschiedene Quantitäten von E; wenn er aber mit denselben nur hinlänglich lange in Berührung bleibt, so wird er endlich von allen bis zu derselben Spannung geladen *). Die Stärke der Erschütterungsschläge hängen, da es hier auf eine augenblickliche Wirkung ankommt, sehr von der Natur des feuchten Leiters ab, und insbesondere gilt dieß von den chemischen Wirkungen.

Reines Wasser ist ein schlechter Leiter; daher wirkt eine mit demselben aufgebaute Säule nur schwach. Ein Zusatz eines Salzes, eines Alkali oder einer Säure macht das Wasser zu einem bessern Leiter, wodurch sich die Wirkung der Säule bedeutend vermehrt, und zwar um so mehr, je leichter der zugesetzte Stoff zerlegt wird. Säuren wirken am kräftigsten, und zwar Salpetersäure am allerstärksten, Schwefelsäure, Salzsäure schwächer. Fünf Plattenpaare mit Salpetersäure geschichtet geben einen eben so starken Schlag, als eine aus 30 Paaren bestehende, und mit Kochsalz aufgeschichtete Säule. Unter den Salzen wirkt Salmiak am stärksten, dann folgen Glaubersalz, Kochsalz, Alaun ꝛc. Ein Zusatz von Kochsalz zu verdünnter Schwefelsäure erhöht die Wirkung noch bei weitem mehr, weil dadurch eine Zerlegung des Kochsalzes und Erzeugung von Salzsäure erfolgt. — Die Säuren wirken übrigens um so kräftiger, je concentrirter sie sind: so verhält sich die wasserzersetzende Kraft der Säule nahe wie die Stärke oder Concentration der Säure. S. jedoch dagegen Davy in Gilb. A. VIII. 13.

Die Dauer der Wirkung steht aber stets mit der Stärke derselben in umgekehrtem Verhältnisse. Wenn daher eine möglichst starke Wirkung auf kurze Zeit verlangt wird, so wendet man Salpetersäure an, soll die Wirkung aber lange anhalten, so nimmt man ein Salz, z. B. Kochsalz, Alaun ꝛc. im Wasser gelöset. Uebrigens nehmen wiederum die verschiedenen Wirkungen der Säu-

nicht alle gleichmäßig ab: so können die chemischen Wirkungen faſt gänzlich aufgehört haben, und dennoch dauern die elektrometrischen beinahe in gleichem Grade fort.

Gay — Luſſac und Thenard Verſ. über die Urſachen, von welchen die Veränderungen in der Kraft der Säule abhängen in Gilb. n. A. VIII. 130. Vergl. ältere Erfahrungen: Volta in Gilb. A. VI. 3.4, eb. XII. 518. Richolſon und Carliſle eb. VI. 351. Cruickſhank eb. 360 und VII. 102. Henry eb. VI. 369. Davy eb. VII. 114, VIII. 10. 308 u. XII. 353. Van Marum und Pfaff eb. X. 149. Einhof eb. VIII. 310 und XII. 232. Böckmann eb. VIII. 141. Bucholz eb. IX. 436. Heidmann eb. X. 53. Reinhold eb. 337. Grashof eb. 376. Boſtock eb. XII. 481. Singer eb. n. A. XIV. 235 und in Schw. J. I. 382. — Ueber die Wirkung des Alkohols als feuchten Leiters ſ. Reinhold a. a. O. 330.

Die Pole einer Eiſen-Kupfer-Säule können ſich ſogar umkehren, je nachdem dieſelbe mit Waſſer oder mit Schwefelwaſſerſtoffwaſſer aufgebaut wird: in jenem Falle iſt nämlich das Eiſen + E, das Kupfer — E und erſteres wird oxydirt; in dieſem hingegen das Eiſen — E, das Kupfer + E und letzteres wird oxydirt oder mit Schwefel verbunden (?) Davy in Pfaff's und Friedländ. franz. Ann. III. 117. und in Gilb. A. XVII. 429 Anm. Vergl. auch Biot eb. XVIII. 133.

*) Daß Säulen von gleichem Umfang aber verſchiedenen feuchten Leitern, bei hinlänglich langer Berührung, den Condenſator bis zu derſelben Spannung laden, gilt nach Biot's Unterſuchungen (Gilb. A. XV. 93 und eb. XVIII. 130) nur in theoretiſcher Hinſicht; denn wenn die Verbindung des Condenſators mit der Säule eine geraume Zeit lang währt, ſo treten Veränderungen ein, welche entweder eine Beſchleunigung oder Retardation in den Wirkungen der Säule herbeiführen (ſ. unten §. 309.). Vergl. auch Pfaff eb. X. 235 und Singer a. a. O. 256. Nach Biot's Verſuchen (a. a. O. 142) kommen in der elektrometriſchen Wirkſamkeit einander ſehr nahe die geſättigten Löſungen von Sal-

Digitized by Google

peter, Zinksalpeter, von Kali und Natron; eben so das reine Wasser, die Lösungen von Kochsalz, von Salmiak, von chlorinsaurem Kali, von Alaun und Eisenvitriol; doch sind diese alle viel energischer als die vorigen.

§. 301.

Während der Wirkung der Säule erleidet der feuchte Leiter zwischen den Plattenpaaren eine chemische Veränderung. Er wird nämlich zerlegt und seine Bestandtheile sammeln sich je an der Zink- und Kupferseite. Wir wollen beispielsweise annehmen, der feuchte Leiter bestehe aus schwefelsaurem Natron im Wasser gelöset, so wird sowohl das Salz als das Wasser in seine Bestandtheile zerlegt, und zwar sammeln sich der Sauerstoff des Wassers und die Schwefelsäure des Salzes an der Zinkseite, und erzeugen schwefelsaures Zinkoxyd; dagegen sammeln sich der Wasserstoff und das Natron an der Kupferseite, wovon jener als Gas entweicht, dieses das Kupfer bloß überzieht, ohne sich damit zu verbinden. Sobald der feuchte Leiter vollkommen zerlegt worden ist, und die Bestandtheile sich auf die angegebene Weise zu den entgegengesetzten Metallflächen begeben haben, hört die Wirksamkeit der Säule auf; gewöhnlich indeß schon dann, wenn sich das Zink mit einer dicken Oxydhaut überzogen hat.

Daß die Wirksamkeit einer Säule aufhören müsse, wenn eine solche Zersetzung des feuchten Leiters eingetreten ist, läßt sich leicht einsehen, wenn man erwägt, daß dadurch gleichsam eine secundäre Säule zwischen der primären entsteht, und das Ganze nun die Form von aufgeschichteten Plattenpaaren, ohne dazwischen gelegten feuchten Leitern erhält. Wenn nämlich durch Zersetzung des feuchten Leiters folgende Reihe entstanden ist:

Kupfer	— E
Zink	+ E
Schwefelsäure	— E
Natron	+ E
Kupfer	— E
Zink	+ E.

Digitized by Google

(denn nach §. 288. zweite Anm. zeigt das Alkali + E, die Säure — E in ihrer Berührung) so hört nach §. 291. Anm. die Multiplication der Wirkung auf. Zeigt eine solche Säule gleichwohl noch einige Wirksamkeit, so rührt dieß davon her, daß die Spannung zwischen der Säure und dem Alkali, welche durch Zerlegung des Salzes entstanden sind, nie so groß ist, als zwischen Kupfer und Zink, und daß der feuchte Leiter doch nicht ganz seine Wirkung als solcher verliert.

Vergl. auch Configliachi und Brugnatelli in Gehl. J. VIII. 355. und Zamboni in Gilb. n. A. XXX. 155.

Zu bemerken ist noch, daß in Trogapparaten die ruhige Ablagerung der Bestandtheile des feuchten Leiters durch die Beweglichkeit der Flüssigkeit verhindert wird; obgleich doch auch hier Oxydation des Zinkes und Ueberziehung des Kupfers mit dem in der Flüssigkeit (wenn sie anders Säuren enthält) sich auflösenden Zink erfolgt, wo dann ebenfalls die Wirkung, und zwar meistens noch schneller als in eigentlichen Säulen, zu Ende geht.

§. 302.

Nach §. 300. sind die Wirkungen einer Säule um so kräftiger, je leichter der flüssige Leiter zersetzt, d. h. je weniger Kraft erfordert wird, seine Bestandtheile von einander zu trennen, und jeden von ihnen nach seiner entsprechenden Metallseite zu führen; wenn daher eine Säule so aufgebaut wird, daß statt des, dem Wasser zur Verstärkung beigemischten, zusammengesetzten Stoffs, (Salzes) dessen Bestandtheile angewendet, und zwar in einer der, beim Aufhören der Wirkung der Säule statt findenden, entgegengesetzten Ordnung mit den Plattenpaaren geschichtet werden: so können diese Bestandtheile weit leichter an ihre entsprechenden Metallseiten treten, als wenn sie mit einander chemisch verbunden waren, und erst von einander geschieden werden mußten. Daher wird eine, auf diese Weise aufgebaute Säule bei weitem kräftiger wirken, als wenn der flüssige Leiter im unzersetzten Zustande angewendet wird.

Digitized by Google

Zur Erläuterung diene das Beispiel des vorigen §. Nach dem Aufhören der Wirkung der Säule ist die Ordnung: Kupfer, Zink, Schwefelsäure, Natron, Kupfer, Zink u. s. w.; die Säule müßte daher dem Obigen gemäß in der Ordnung:

Kupfer	— E
Zink	+ E
Pappe mit Natron	+ E
Pappe mit Schwefelsäure	— E
Kupfer	— E
Zink	+ E

aufgebaut werden, wo demnach die Spannung zwischen Kupfer und Zink noch durch die zwischen den feuchten Leitern vermehrt wird, ohne daß jedoch die letzteren ihre Wirksamkeit als solche hiebei verlieren. S. d. vorig. §. Anm.

Es ist übrigens klar, daß Schwefelsäure und Natron, in unmittelbarer Berührung, wegen ihrer starken Verwandtschaft zu einander, sich nach und nach schon an sich verbinden werden, noch leichter aber deshalb, weil sie in ihren Wanderungen nach den entgegengesetzten Metallseiten einander durchkreuzen müssen. Es muß daher ein Zeitpunct eintreten, wo sich beide Stoffe völlig neutralisirt haben, und nach welchem die Wirkung zwar bedeutend schwächer wird, aber doch noch so lange fortdauert, bis die Bestandtheile des entstandenen schwefelsauren Natrons, nach wieder eingetretener Zersetzung, an den entgegengesetzten Metallseiten sich angesammelt, d. h. die zweite der obigen Ordnungen dargestellt haben.

In Säulen auf solche Weise aufgebaut, haben wir daher zwei verschiedene Wirkungszeiten zu unterscheiden: 1) eine kräftigere, die bis zur Neutralisation der Säure und des Alkali geht; 2) eine schwächere, die mit der wieder anfangenden Zersetzung beginnt und aufhört, wenn die entgegengesetzte Ordnung eingetreten ist. Bei unsern gewöhnlichen, bloß mit einer Salzlösung aufgebauten Säulen kann, wie leicht einzusehen, nur die letztere Periode eintreten.

Digitized by Google

Werden endlich Säulen gleich anfänglich in der letzten der obigen Ordnungen aufgebaut, so sind sie zwar nicht ganz unwirksam, indem noch immer die Zersetzung des Wassers übrig bleibt; allein die Wirkung ist auch nicht stärker, als wenn man bloßes Wasser angewendet hätte. Vergl. Bucholz in Gilb. A. IX. 456.

§. 303.

Alle die in den vorigen §§. beschriebenen Veränderungen, welche der feuchte Leiter erleidet, treten nur bei fortdauernder Entladung ein. Da indeß die beiden Pole nicht absolut isolirt werden können, so findet doch immer eine allmälige, wenn auch nur sehr geringe, Entladung statt. Selbst also dann, wenn die Säule ungeschlossen (§. 293.) steht, wird der flüssige Leiter doch nach und nach geringe Veränderungen erleiden.

S. dagegen Ritter in Gilb. A. VIII. 465 u. 466.

§. 304.

Das was oben (§. 261.) im Allgemeinen über Isolation gesagt worden, bezieht sich auch auf die Säule: eine Säule ist isolirt, wenn sie in ihrer ganzen Ausdehnung von lauter Nichtleitern umgeben ist. Es ist übrigens schon (ebend. Anm.) bemerkt worden, daß sich die Contactelektricität schwieriger isoliren lasse als die Friktionselektricität. Der Mangel einer vollkommenen Isolirung hat indeß nicht auf alle Wirkungen der Säule gleich wesentlichen Einfluß: die chemischen Wirkungen derselben, so weit sie sich durch die wasserzersetzende Kraft bestimmen lassen, werden wenig oder gar nicht beeinträchtigt, so schlecht die Säule auch isolirt seyn mag; dagegen erfordern die elektrometrischen Wirkungen eine möglichst vollkommene Isolirung.

Nach meinen Versuchen (a. a. O. B. VII.) entwickelt eine Säule, wenn die beiden Pole schlecht oder gar nicht isolirt sind, eben so

viel Gas in gleichen Zeiten, als wenn sie möglichst vollkommen isolirt sind; dagegen wirkt sie in jenem Falle gar nicht auf das Elektrometer, in diesem unter denselben Umständen ziemlich stark. Wiederum scheint zwischen beiden Fällen kein beträchtlicher Unterschied hinsichtlich der Verbrennung von Goldblättchen statt zu finden. Vergl. Grimm in Gilb. A. XI. 228.; s. aber dagegen van Marum und Pfaff eb. X. 135.

Glas, Harz, Seide isoliren die Contactelektricität nur sehr unvollkommen. Ausser der umgebenden trocknen Luft scheint es gar kein Mittel zu geben, die elektrische Wirksamkeit der Säule nach aussen ganz aufzuheben. S. Lüdicke in Gilb. n. A. XX. 92. Pfaff eb. XXII. 114. Jäger eb. XXV. 369. Bischof a. a. O. V. 269. Davy berichtet, (Elem. 138.) daß die große Batterie der Royal Institution aus 2000 Doppelplatten nicht bloß die Isolirung durch Porzellan, sondern auch durch trocknes Holz erfordere. Wird sie auf einem steinernen Fußboden aufgestellt, so darf man nicht nahe bei den benachbarten Plattenfolgen vorbeigehen, wenn man nicht eine Erschütterung erhalten will.

§. 305.

Die Temperatur hat einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Wirksamkeit der Säule. Wahrscheinlich gilt dieß für alle Wirkungen; obgleich durch entscheidende Versuche nur die stärkere chemische Wirksamkeit bei erhöhter Temperatur dargethan worden ist.

Volta in Gilb. A. VI. 344. Buchholz eb. IX. 437. Ritter eb. 292. (Vergl. eb. II. 82). Grimm eb. XI. 226. Schweigger (Gehl. J. IX. 704, s. auch dessen Journ. XI. 331.) construirte Säulen bloß aus Einem Metalle (Kupfer) und Einer Flüssigkeit, wo bloß durch Temperaturunterschied der in je zwei Gefäßen befindlichen Flüssigkeit, die elektrische Differenz begründet wird. Desfaignes in Schw. J. IX. 118, 119 und 133. Oersted eb. XX. 209. Bischof in Schw. u. Mein. n. J. VII. Eine Säule, welche 4 Tage lang wirksam blieb, gab mir bei Temperaturerhöhung stets dieselbe Menge Gas in kürzerer Zeit als bei

Temperaturerniedrigung. Eine scheinbar entgegengesetzte Wirkung, s. van Marum und Pfaff in Voigt's Magaz. III. 751; dagegen Ritter eb. IV. 599.

§. 306.

Die Friktionselektricität scheint weder auf die eine noch die andere Art die chemische Wirksamkeit einer Säule im mindesten zu ändern. Anders verhält es sich aber mit den elektrometrischen Wirkungen der sogenannten trocknen Säulen (§. 309.) welche sich nach Zamboni verstärken oder schwächen lassen, je nachdem den Polen derselben die gleichnamige oder ungleichnamige E durch eine Elektrisirmaschine zugeführt wird.

Ritter in Gilb. A. VIII. 470. und eb. XIII. 72. Anm. Zamboni eb. u. A. XXI. 186. und eb. XXX. 186.

§. 307.

Ueber den Einfluß des Mediums, in welchem sich die Säule befindet, sind mehrere Versuche angestellt worden. Nach Haldane *), Davy **) und Böckmann ***) soll die Wasserzersetzung unter der Luftpumpe und im Stickgas aufhören; im Sauerstoffgas aber stärker vor sich gehen als in atmosph. Luft. Eben so haben Biot und Cuvier †) gezeigt, daß die Säule die sie umgebende Luft zersetzt und den Sauerstoff derselben absorbirt, welcher zur Verstärkung der Wirksamkeit der Säule beitragen soll. Van Marum und Pfaff ††) hingegen fanden die Intensitäten, die Erschütterungen und die Funken einer Säule, je nachdem sie in atmosph. Luft, oder in den luftleeren Raum, oder in Kohlenwasserstoff- oder in Stickgas gebracht wurde, vollkommen gleich; im Sauerstoffgas zeigten sich aber die Erschütterungen stärker, und die Funken viel größer und glänzender.

*) Gilb. A. VII. 192. 211.

**) Eb. VIII. 5. 6. und eb. XII. 354. Davy untersuchte auch das Verhalten der Säule im Wasser und anderen tropfbaren Flüssigkeiten. S. auch Lagrave eb. XVIII. 347.

***) Eb. XI. 238.

†) Eb. X. 161. Biot (eb. 31.) hat noch überdieß gezeigt, daß die Säule im geschlossenen Zustande bei weitem mehr Sauerstoffgas absorbirt, als im nicht geschlossenen.

††) Eb. X. 152. Bei den letzteren der oben erwähnten Versuche stießen sie indeß auf einige Anomalien, die vielleicht von Veränderungen der Temperatur während ihrer Versuche herrühren möchten. Pfaff fand in späteren Versuchen (Schw. J. X. 197 ff.) daß die Gasentbindung einer Säule in atmosphärischer Luft, in Wasserstoffgas und Kohlensäuregas ganz gleichmäßig erfolge.

§. 308.

Eine Flasche (§. 287.) und so auch eine ganze Batterie läßt sich durch die Säule augenblicklich mit der ganzen Intensität derselben laden, wenn Metalldrähte von dem einen Pole der Säule zur innern, von dem andern zur äussern Belegung geführt werden; so daß aber die innigste Berührung hiebei statt findet, ohne welche die Ladung wegen der geringen Intensität der Säule nicht erfolgt.

Cruikshank in Gilb. A. VII. 195. Hellwich eb. 493. Böckmann eb. 150. Van Marum und Pfaff (eb. X. 123) luden mittelst einer Säule von 200 Plattenpaaren eine Batterie aus 25 Flaschen, welche zusammen 137 1/2 Quadratfuß Belegung enthielten, durch eine einzige sehr kurze Berührung genau bis zu derselben Intensität der Säule. Wendeten sie nur Theile der Säule an, so zeigte die Batterie stets die denselben entsprechende Spannung. Die Entladungsschläge der Batterie schätzten sie ungefähr stets so stark, als die sind einer Säule von halb so viel Plattenpaaren, womit die Batterie geladen worden war. Dagegen Volta eb. IX. 381. 489. XII. 499. XIV. 257. XIII. 257 ff. Vergl. noch Ritters Versuche eb. 1 und 265. Ferner s. eb. XIV. 236.

Digitized by Google

Schichtung der Plattenpaare mit Halb- oder Nichtleitern.

§. 309.

Werden Plattenpaare verschiedener Metalle mit Halbleitern oder Nichtleitern aufgeschichtet, so erhält man Säulen, welche in ihren elektrometrischen Wirkungen ganz mit Volta's Säule übereinkommen, deren Intensitäten daher ebenfalls im arithmetischen Verhältnisse mit der Zahl der Plattenpaare wachsen *). Es findet jedoch der Unterschied statt, daß solche Säulen um so mehr Zeit zur Ladung des Condensators oder Elektrometers erfordern, je schlechter die Leitungsfähigkeit der Zwischenlage ist. Die chemischen Wirkungen scheinen aber an solchen Säulen erst dann einzutreten, wenn die Anzahl der aufgeschichteten Plattenpaare sehr groß ist *).

Volta hielt schon (Gilb. A. X. 444.) die Erfindung eines Elektromotors, der ganz aus festen Körpern bestünde, zwar für schwierig, aber doch nicht für ganz unmöglich. Hierzu würde, meint er, die Auffindung eines festen Leiters ohne alle Erregungskraft, (oder der sie in einer ganz andern Beziehung besäße) den man statt der feuchten Leiter zwischen die Metallpaare bringen könnte, hinreichend seyn. Behrens (eb. XXIII. 1.) löste diese Aufgabe, indem er Säulen aus Zink, Kupfer und warmem Feuerstein (Flintenstein), so wie aus Zink, Kupfer und Goldpapier, aufbaute, welche dieselbe elektrische Intensität als Volta'sche Säulen von gleicher Anzahl Plattenpaare derselben Metalle mit einem feuchten Leiter geschichtet, zeigten. Biot (Gilb. A. XV. 97) gebrauchte zur Zwischenlage geschmolzenen, und sorgfältig vor Feuchtigkeit bewahrten Salpeter; Deformes und Hutchette (eb. XVIII. 110 Anm.) Stärkmehl; de Luc (eb. n. A. XIX. 100, s. auch Schübler hierüber in Schw. J. VII. 479); Schreibpapier und auch Goldpapier; Zamboni (Gilb. n. A. XIX. 41 und Schw. J. X. 129) Silberpapier, bedeckt auf der nicht metallischen Seite mit einem Teig aus Braunstein und Honig, (wo demnach ebenfalls Papier die Zwischenlage ist, und der Braunstein die Stelle des negativen Metalls vertritt, das

unächte Blattsilber aber in Berührung mit Braunstein + E erhält); Jäger (eb. 47 ff.) Papier, thierischen Leim, Glas, Harz (Copalfirniß) Seide.

*) Nach Bohnenberger (Gilb. n. A. XXIII. 348) haben die Zwischenkörper, womit die Plattenpaare aufgeschichtet werden, so fern sie nur dünne Schichten bilden, und nicht zur ersten Classe von Erregern (§. 293.) gehören, auf die Intensitäten der EE gar keinen Einfluß; denn stets afficiren Säulen von gleichen Plattenpaaren, wie auch jene Zwischenkörper beschaffen seyn mögen, das Elektrometer gleich stark. S. auch Montanus eb. XX. 89. Da dieß in dieser Allgemeinheit ausgesprochen, auch die eigentlichen Volta'schen Säulen umfaßt, so muß hier auf das verwiesen werden, was oben §. 300. letzte Anm. von Biot angeführt worden ist.

**) So fand z. B. Biot (Gilb. A. XV. 97) daß der Condensator zur Ladung von einer aus Salpeter aufgeschichteten Säule aus 20 Plattenpaaren, 60 Mal so viel Zeit erfordert, als von einer aus Alaunlösung aufgebauten Säule, aus gleichviel Plattenpaaren. Vergl. Jäger (a. a. O. 50 u. 64). Eine Säule aus 100 Paaren, wo die Zwischenkörper Glasplatten sind, ertheilt erst nach Stunden dem Condensator die volle Spannung.

***) Eine Säule aus 3000 Scheiben von 3 1/2 Quadratzoll Fläche soll deutliche chemische Wirkungen hervorgerufen haben; eb. XXI. 188. Jäger eb. u. Heinrich in Schw. J. XV. 123 196. Nach Bohnenberger (a. a. O. 352) zersetzte eine Säule aus 96 gut getrockneten Doppelblättern Gold- und Silberpapiers von 30 Zoll Quadratfläche, das Wasser; die Gasbläschen stiegen aber nur einzeln auf. Wurden hingegen 180 solcher Doppelblätter angewandt, so gingen die Gasentwicklungen in einem Strome fort, ohngefähr wie bei einer nassen Säule aus 60 bis 100 zweizölligen Doppelscheiben. Diese Säule gab ähnliche Erschütterungen, wie eine solche nasse Säule, und ertheilte auch durch eine schnell vorübergehende Berührung einer Flasche nahe die volle Ladung, welche ihr diese Säule zu geben vermochte.

Digitized by Google

§. 310.

Da eine solche trockne Säule lange Zeit ihre Wirksamkeit behält *), so ist sie in vielen Fällen ein sehr schätzbarer elektrischer Apparat **). Eine der merkwürdigsten Anwendungen, welche von ihr gemacht worden sind, besteht in der Einrichtung, durch die anziehende und abstoßende Kraft der entgegengesetzten Pole zweier neben einander stehender Säulen einen isolirten, leicht beweglichen Pendel in schwingende Bewegung zu versetzen ***).

*) Die Wirksamkeit ist übrigens, wie die der nassen Säule, abhängig von der Temperatur, (Schübler in Schw. J. VII. 479 u. XV. 112. 130. Heinrich eb. 121. Jäger in Gilb. n. A. XIX. 62.) und ausserdem von dem hygrometrischen Zustande der Atmosphäre; denn wenn auch die Feuchtigkeit kein wesentliches Erforderniß dieser Säule ist, so hat sie doch in so fern einen nicht unbedeutenden Einfluß, als sie die Leitungsfähigkeit des Papiers vermehrt, und mithin die schnellere Ladung der Säule begünstigt.

**) Das oben (§. 258. letzte Anm.) erwähnte Elektrometer enthält zwei solcher Säulen, durch deren entgegengesetzte Pole leicht die Qualität einer zu prüfenden E erkannt werden kann, weshalb dasselbe unter allen Elektrometern den Vorzug verdient.

***) Zamboni in Gilb. n. A. XIX. 42. Vergl. auch eb. 100. 127 und 183, eb. XXI. 187; eb. XXIII. 337. u 361. Ihm zu Ehren hat man diese Säule auch häufig, jedoch mit Unrecht, Zamboni'sche Säule genannt.

* * *

Assalini über Zamboni's immerwährenden Elektromotor in Gilb. n. A. XIX. 42. Ruhland hierüber in Schw. J. XI. 16. Montanus in Gilb. n. A. XX. 87. Lüdicke eb. 92. Zamboni's neuere Versuche eb. XXI. 182. Schübler über Zamboni's Säule in Schw. J. XVI. 111.

* * *

Digitized by Google

§. 311.

Bloß in theoretischer Hinsicht ist hier noch von einigen Methoden, die Elektricitätserregung durch Berührung zweier verschiedenartiger Flüssigkeiten zu multipliciren, Erwähnung zu thun. Werden nämlich Papp- oder Tuchscheiben mit verschiedenen Flüssigkeiten getränkt, und je zwei solcher, verschiedene Flüssigkeiten enthaltende, Scheiben mit dazwischen gelegten Metallplatten (stets von demselben Metall) auf einander geschichtet, so erhält man eine Säule, welche ganz dieselben Wirkungen, wie die im §. 292. beschriebene, hervorbringt; nur gewöhnlich in einem schwächeren Grade, und sehr bald durch Vermischung der Flüssigkeiten in je zwei Pappscheiben, die Wirksamkeit verlierend *). Auch läßt sich eine Anordnung aus einem einzigen Metalle und einer einzigen Flüssigkeit treffen, welche durch eine mehrmalige Vervielfältigung eine merkliche elektrische Wirksamkeit zeigt **).

*) H. Davy Galvanische Batterie aus einem Metall und verschiedenartigen Flüssigkeiten in Gilb. A. XI. 388; Ebend. Galvanische Batterie aus Holzkohlen und Flüssigkeiten eb. 394. Vergl. Ritter eb. VII. 439 und Pfaff in Gehl. J. V. 95 ff.

Je mehr sich die beiden Flüssigkeiten chemisch entgegengesetzt sind, desto größer ist die Wirksamkeit einer solchen Säule; daher wirkt am kräftigsten folgende Anordnung:

(+ Pol) Metall (z. B. Kupfer).
Säure
Alkali
Metall
Säure
Alkali
(— Pol) Metall
.
.
.
.

Ruhland's Säule aus Kalkbrey, verdünnter Schwefelsäure und mit Baumöl durchtränktem Papier Gehl. J. IX. 433.

Digitized by Google

**) Schweigger's Batterie aus Einem Metalle und Einer Flüssigkeit. Vergl. §. 305. — Zamboni (Gilb. n. A. XXX. 102) will gefunden haben, daß die Ungleichheit der Berührungsfläche eines und desselben Metalls an seinen beiden Enden mit Wasser schon hinreiche, eine elektrische Spannung zu bewirken, die bei 30 Gliedern mittelst des Condensators an dem Elektrometer sehr deutlich zu erkennen war. S. dagegen ebend. 192. Vergl. aber Erman (über die elektrische Spannung, welche durch eine bloße geometrische Ungleichheit der Berührungsflächen erregt wird; in Gilb. nn. A. X. 45.), welcher Zamboni's Entdeckung im Allgemeinen bestätigte.

Man pflegt zur Unterscheidung Säulen aus zwei Erregern der ersten Classe und einem der zweiten Classe (§. 293.), Säulen der ersten Ordnung, und solche wie in diesem §. beschrieben, Säulen der zweiten Ordnung zu nennen.

Verhalten der EE zu den Körpern, verbunden mit einer bleibenden Zustandsveränderung der letzteren.

§. 312.

Alle Körper können, wenn sie sich nur in den erforderlichen Umständen befinden, durch die EE bleibende Veränderungen erleiden, die, je nach ihrer verschiedenen mechanischen oder chemischen Beschaffenheit, sehr verschieden ausfallen.

§. 313.

Obgleich alle elektrischen Wirkungen von den EE an sich abhängen, und in so fern die Art ihrer Erregung oder ihr Ursprung gar keinen wesentlichen Einfluß haben kann, so zeigt sich doch darin ein wichtiger Unterschied, ob entweder geringe Mengen der EE mit großer Intensität, oder große Mengen EE mit geringer Intensität begabt wirken; denn manche Körper fordern EE von großer Intensität, andere bloß einen

Digitized by Google

ununterbrochenen Strom von E, wenn er auch nur eine sehr schwache Spannung besitzt, um in beiden Fällen Veränderungen zu erleiden.

§. 314.

Da die durch Reiben erregte und in einem isolirten Leiter (§. 264.) angesammelte E der Quantität nach nur wenig beträgt, aber von großer Intensität ist; dagegen in der Säule eine ungeheure Menge E von sehr geringer Intensität gegenwärtig ist: so läßt sich in jedem einzelnen Falle leicht beurtheilen, ob dieser oder jener Körper der Friktionselektricität oder der Contactelektricität ausgesetzt werden müsse, um diese oder jene Veränderung zu erleiden, sofern nur bekannt ist, ob hiezu große Intensitäten oder große Quantitäten der EE erforderlich sind.

§. 315.

Die Frictionselektricität (§. 282.) kann, wie aus dem Obigen erhellet, entweder in dem Moment der Erregung, so wie sie in dem ersten Hauptleiter der Maschine (§. 286.) angesammelt worden ist, oder als verstärkte E in der Flasche oder Batterie (§. 287.) zur Wirkung angewandt werden. Der Unterschied besteht bloß darin, daß in jenem Falle die geringste Menge E von größter Intensität; in diesem Falle eine viel größere Menge E von bedeutend geringerer Intensität wirkt. Es muß sich demnach die Wirksamkeit der EE in der Flasche oder Batterie schon mehr der in der Säule nähern. Immer findet aber noch der wichtige Unterschied statt, daß die Flasche fast stets bloß augenblicklich wirkt; denn nach einmaliger (höchstens einige Mal wiederholter) Entladung ist alle Wirkung vorüber; hingegen die Wirksamkeit der Säule dauert lange Zeit fort, weil sie sich nach jedesmaliger Entladung fast augenblicklich wieder von selbst ladet.

§. 316.

Die Wirkungsart der EE auf Körper kann auf doppelte Weise erfolgen; erstens durch einen ununterbrochenen Strom,

Digitized by Google

indem derjenige Körper, welcher der Wirkung der EE ausgesetzt werden soll, in leitende Verbindung z. B. mit dem Conductor der Elektrisirmaschine, oder mit den beiden Polen der Säule gebracht wird; zweitens sprungweise, indem der gegebene Körper in Schlagweite (§. 269.) dem Conductor, oder der äussern und innern Belegung der Flasche, oder den Polen der Säule genähert wird. Die Säule gestattet übrigens diese letzte Anwendungsart am schwierigsten, da nach §. 327. selbst die kräftigsten Säulen nur eine sehr geringe Schlagweite haben.

Mechanische Wirkungen der EE.

§. 317.

Die mechanischen Wirkungen, welche hauptsächlich in der Zerstörung der Cohäsion eines Körpers (§. 37.) bestehen, fordern stets eine große Intensität der EE. Diese Wirkungen äussern sich indeß immer viel stärker, wenn die Quantität der EE auf Kosten der Intensität (so daß die letztere aber noch beträchtlich genug bleibt) vermehrt wird; daher ist eine Flasche, oder noch mehr eine Batterie hiezu viel wirksamer, als der bloße Conductor der Elektrisirmaschine; ja in den meisten Fällen lassen sich nur durch erstere mechanische Wirkungen hervorbringen. Die Säule kann, wegen ihrer allzugeringen Intensität, gar keine merklichen mechanischen Wirkungen äussern.

Durchbohrung eines Pappdeckels, mehrerer auf einander liegender Kartenblätter, Zerschlagung der Schaale eines Eies, wenn eine Flasche oder Batterie durch diese Körper entladen wird. — Spaltung von Holz durch starke Schläge. — Starke Batterien können sogar Nichtleiter, wie zwei auf einander liegende dünne Glasscheiben zerschmettern, wenn zwei Punkte der entgegengesetzten Flächen mit der innern und äussern Belegung durch Drähte verbunden werden. — Hieher gehört auch die Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten durch starke Schläge. Ist ein auch noch so starkes Glasgefäß mit Wasser angefüllt, so wird es durch starke Ladungen, wenn solche durch

Digitized by Google

Drähte ins Wasser geleitet werden, zerschmettert. Selbst mit Wasser gefüllte Metallröhren werden auf diese Weise zerrissen, Gilb. A. XXVI. 337. Tremery eb. n. A. II. 312. Zerreißung von Metall unter Oel durch elektrische Entladungsschläge; eb. nn. A. IX. 367.

Chemische Wirkungen der EE.

§. 318.

Zu den chemischen Wirkungen der EE zählen wir nicht bloß die durch dieselben hervorgebrachten Mischungen und Scheidungen, sondern auch die durch sie hervorgebrachten Aenderungen der Cohäsionsform. Bei diesen Wirkungen zeigt sich aber eine große Verschiedenheit, je nachdem eine geringe Quantität E mit großer Intensität, oder eine große Menge E mit geringer Intensität wirkt. Deshalb handeln wir in den folgenden §§. die chemischen Wirkungen der Frictionselektricität und die der Contactelektricität besonders ab.

Aenderungen der Cohäsionsform, durch die Frictionselektricität bewirkt.

§. 319.

Feste Körper, welche die E leiten, kommen, wenn sich kräftige Batterien durch sie entladen, zum Glühen und Schmelzen, oder werden gar verstäubt. Die Metalle sind dieser Veränderung hauptsächlich unterworfen, und zwar diejenigen am meisten, welche die geringste Leitungsfähigkeit besitzen; denn je leichter die EE einen Körper durchströmen, desto weniger können sie in ihm chemische Wirkungen hervorbringen. Ausserdem ist aber erforderlich ein gewisses Verhältniß der Dicke der angewandten Metalldrähte zur Stärke der Ladung der Batterie, so wie der abgehaltene Zutritt von atmosphärischer Luft oder einem andern Sauerstoffgas haltigen Gasgemeng.

Digitized by Google

Nach Cuthbertson und Singer (a. u. a. O.) verhält sich die Wirkung der E auf Metalldrähte, bei gleicher Intensität wie das Quadrat der belegten Oberfläche der Batterie, und bei gleicher Oberfläche der Belegung wie das Quadrat der Intensität der E. So schmelzen zwei Flaschen, zu irgend einem Grade geladen, einen Draht, der viermal länger ist, als der, den eine von ihnen schmelzt, und diese Wirkung wird eben so ums Vierfache erhöht durch Verdoppelung der Intensität der Ladung. Dieses Gesetz leidet Abänderungen, wenn die angewandten Flaschen in ihrer Dicke beträchtlich von einander abweichen, indem dicke oder starke Flaschen dieselbe Intensität bei einer verhältnißmäßig kleineren Quantität der E zeigen.

Mischungen, durch die Frictionselektricität hervorgebracht.

§. 320.

Am häufigsten bewirkt die Frictionselektricität Mischungen durch Vereinigung brennbarer Körper mit dem Sauerstoff. Die im vorigen §. angeführten Entladungen verstärkter EE durch dünne Metalldrähte, unter Zutritt der atmosphärischen Luft, veranlassen meistens eine Oxydation der letzteren auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs, indem stets die Temperatur, in welche das Metall durch die Entladung versetzt wird, viel höher als die seines Schmelzpunctes ist.

Van Marum (Beschryving eener oongemeen groote Elektrizeermachine geplaatst in Teyler's Museum to Haarlem. Haarlem 1785. 4. Uebers. Leipzig 1786. 4. 1ste Forts. Leipz. 1788. 4. S. 37) auch in Gilb. A. I. 258. Schmidt über das Verkalchen der Metalle durch die Elektricität und die damit verbundene Absorption der Luft ꝛc. in Gren's n. J. I. 366. Cuthbertson über denselben Gegenstand in Scher. J. VIII. 141; auch in Gilb. A. XI. 400. Vergl. hiemit eb. III. 1. und Singer a. a. O. 113 ff.

Es ist sehr merkwürdig, daß die edlen Metalle, welche durch die höchsten Hitzgrade, die wir auf dem gewöhnlichen Wege hervor-

Digitized by Google

bringen können, keine Oxydation erleiden, so nicht durch die Wirkung der EE oxydirt werden.

§. 321.

Eben dasselbe erfolgt, wenn andere brennbare und dabei leichtentzündliche Körper von elektrischen Funken, wozu meistens der einfache Funke (§. 287.) schon hinreichend ist, getroffen werden, oder wenn derselbe durch Gasgemenge schlägt, die ein brennbares (oder wenigstens ein oxydirbares) Gas und Sauerstoffgas enthalten, in welchem letzterem Falle auch häufig Zersetzungen und Verbindungen zugleich erfolgen, und der Moment der Verbrennung mit einer mehr oder weniger heftigen Verpuffung §. 75.) begleitet ist.

Der einfache elektrische Funke entzündet: Alkohol (vorher etwas erwärmt) und Aether. Der Funke einer Flasche von kaum einem Quadratfuß Belegung entzündet Schießpulver, Baumwolle, Colophonium auf dieselbe gestreut u. s. w. — Nachbenannte Gasgemenge entzünden sich stets, wenn meistens nur ein einziger einfacher elektrischer Funke durch sie hindurchschlägt. Sind die Gasarten in den angegebenen Maaßverhältnissen gemengt, so sind die Producte der Verbrennung, wie die zweite Spalte zeigt; ist hingegen entweder das brennbare Gas oder das Sauerstoffgas im Ueberschusse vorhanden, so bleibt eines von beiden zum Theil unverändert übrig. Beträgt dieser Ueberschuß sehr viel, so erfolgt gar keine Verbrennung: es giebt nämlich in jedem einzelnen Falle ein bestimmtes Maximum für das brennbare wie für das Sauerstoffgas, bei welchem noch, wenigstens eine theilweise, Verbrennung erfolgt; überschreitet dieses oder jenes dieses Maximum, so verliert das Gasgemeng seine Fähigkeit, durch den elektrischen Funken entzündet zu werden.

Gasgemenge in den angegebenen Verhältnissen	Producte der Verbrennung durch elektrischen Funken
5 Maaßth. atmosph. Luft und 2 Maaßth. Wasserstoffgas	Wasser und 4 Maaßth. Stickgas
2 Wasserstoffgas u. 1 Sauerstoffgas	Wasser

Gasgemenge in den angegebenen Verhältnissen angewendet	geben nach dem Durchschlagen elektrischer Funken
2 Kohlenoxydgas u. 1 Sauerstoffgas.	2 Kohlensäuregas
1 Kohlenwasserstoffgas u. 2 Sauerst.	Wasser und 1 Kohlensäuregas
1 Oelerzeug. Gas u. 3 Sauerst.	Wasser und 2 Kohlensäuregas
2 Schwefelwasserstoffgas und 3 Sauerstoffgas	Wasser und 2 Schwefligsaures Gas
4 Hydrochlorinsäuregas und 1 Sauerstoffgas	Wasser und 2 Chloringas
1 Arsenikwasserstoffgas und 2 Sauerstoffgas	Wasser und Arsenige Säure
4 Ammoniakgas und 3 Sauerst.	Wasser und 2 Stickgas
1 Cyanogengas und 2 Sauerst.	2 Kohlensäuregas und Stickgas
2 Schwefelwasserstoffgas und 1 Sauerstoffgas	Wasser und Schwefel
1 Chloringas u. 1 Wasserstoffgas	2 Salzsäuregas
3 Stickgas und 7 Sauerstoffgas *)	Salpetersäure

*) Um diese beiden Gasarten mit einander zu Salpetersäure zu verbinden, müssen viele Tausend elektrische Funken durchschlagen.

Zerlegungen durch die Frictionselektricität hervorgebracht.

§. 322.

Hier zeigt sich als eine besondere Merkwürdigkeit, daß eine und dieselbe Kraft eine Mischung der Metalle mit Sauerstoffgas (Oxydation) so wie eine Zerlegung der gebildeten Metalloxyde bewirken könne. Wenn nämlich in eine, mit einem leicht zersetzbaren Metalloxyd angefüllte Glasröhre verstärkte elektrische Funken wiederholt strömen, so zeigt sich bald eine Herstellung des Metalls.

Beccaria (Lettere dell' elettricismo p. 282) hat dieß zuerst versucht, indem er die Entladung zwischen zwei Stücke

Metalloxyd veranstaltete: so stellte er Zink, und Quecksilber aus Zinnober her. Graf v. Milly (Rozier Journ. de Phys. 1774. Août p. 146. Dec. p. 444). — S. dagegen Brisson und Cadet Abhdlg über die Wirkung der elektrischen Flüssigkeit auf die metallischen Kalche in Crell's chem. Journ. V. 104. — Van Marum über Wiederherstellung der Metalle aus den Metallkalken durch elektrische Funken in Gilb. A. I. 271.

§. 323.

Am wirksamsten zeigt sich aber die Frictionselektricität in der Zersetzung flüssiger und besonders gasförmig flüssiger Körper. Wasser wird durch elektrische Funken in seine Bestandtheile zerlegt *); aus Alkohol, Aether (ohne Zutritt der atmosph. Luft elektrisirt) aus Oelen erhält man brennbare Gasarten (Wasserstoff- Kohlenwasserstoff- und Oelerzeugendes Gas **). Schlagen elektrische Funken durch wässrige Lösungen von schweren Metallsalzen, so schlägt sich das Metall an dem Drahte nieder, welcher — E hat***). Elektrische Funken durch zusammengesetzte Gasarten geleitet, bewirken häufig Zersetzungen †).

*) Paets van Troostwyk und Deimann über die Zerlegung des Wassers in brennbare und Lebensluft durch den elektrischen Funken in Gren's J. (1790) II. 130. — Da hiezu ein sehr reichlicher elektrischer Strom erforderlich ist, damit die EE bei ihrem Austritte aus den Metalldrähten in das Wasser recht gedrängt und zusammengezwängt seyen, und auf verhältnißmäßig wenige Wassertheilchen wirken: so hat Wollaston (Gilb. A. XI. 108; vergl. van Marum eb. 220) äusserst feine Gold- oder Platindrähte in Glasröhren eingeschmolzen, und von letzteren so viel weggeschliffen, daß von jenen nur ein sehr kleines Pünctchen zum Vorschein kam. Indem er auf diese Weise den ganzen Strom der durch die Elektrisirmaschine erregten E auf diese überaus feine Spitze concentrirte, ging die Wasserzersetzung viel schneller vor sich, als wenn die Leitungsdrähte einer großen Masse Wassers ausgesetzt waren, wie dieß der

Fall ist, wenn sie nicht auf solche Weise in einem Nichtleiter eingeschlossen sind. Vergl. auch Gahn und Hisinger in Gilb. A. XXVII. 311. — Ritter Versuche zum Erweise, daß auch bei der gewöhnlichen Elektricität, in chemischer Hinsicht, die positive die oxygene, die negative hingegen die hydrogene sey in Gilb. A. IX. 1.

**) Priestley a. u. a. O. I. 195. Van Marum in Gren's n. J. III. 9.

***) Wollaston a. a. O.

†) Mit der Zerlegung verschiedener zusammengesetzter Gasarten, als Ammoniakgas, Salpeter- Kohlensäure- Oelerzeugendes-, Kohlenwasserstoff- Salzsäure- Flußsäuregas u. s. w. durch elektrische Funken haben sich mehrere Chemiker beschäftigt: Priestley's Experiments on Air. V. II. 389, 396 u. s. w. — Van Marum's Vers. über die Veränderungen, welche der elektr. Strahl in den verschiedenen Luftgattungen hervorbringt a. o. a. O. 1ste Forts. 39 — Henry in Scher. J. V. 141. oder Gilb. A. VII. 265, eb. u. A. VI. 291 und XVII. 337 — Th. de Saussüre in Gilb. A. XIII. 129 — Dalton in dess. n. System II. 75. 85. 251. 258.

§. 324.

Wenn ein elektrischer Strom mittelst zweier feiner Golddrähte über die Oberfläche eines mit Lackmus angefeuchteten Kartenblatts geht, so zeigt sich bald um den + Draht eine Röthung, die durch die darauf folgende Anwendung des — Drahts auf diesen Fleck wieder in das ursprüngliche Blau verwandelt wird.

Wollaston a. a. O. 111. Höchst wahrscheinlich findet hiebei eine Zerlegung irgend eines in der Lackmustinctur enthaltenen Salzes statt, dessen Säure die Röthung hervorbringt, welche bei nachheriger Umkehrung durch das sich ausscheidende Alkali wieder getilgt wird. So fand auch Simon (Gehl. J. VII. 373) daß starke Entladungsfunken über die Oberfläche verschiedener Substanzen (z. B. Glas) geleitet, welche ein Alkali in ihrer Mischung enthalten, deutliche Spuren desselben an geröthetem Lackmuspapier zu erkennen geben.

Digitized by Google

Schmelzungen durch die Contactelektricität bewirkt.

§. 325.

Im Allgemeinen gilt hier dasselbe, was §. 318. bemerkt worden; nur ist die Wirkung wegen der eigenthümlichen Wirksamkeit der Säule von lange anhaltender Dauer, während sie bei Entladung einer Batterie bloß augenblicklich ist. Kräftige Säulen bringen eine solche ausserordentliche Temperaturerhöhung hervor, daß selbst die strengflüssigsten Leiter zum Schmelzen kommen.

Children's Versuche mit einer Batterie aus 20 Paaren Zink- und Kupferplatten, von denen jede Platte 4 Fuß lang und 2 Fuß breit ist. Gilb. n. A. VI. 364. Durch dieselbe wurden 18 Zoll Platindraht von $\frac{1}{30}$ Zoll Dicke beim Schließen der Kette vollkommen geschmolzen; 3 Fuß desselben Drahts kam am hellen Tageslichte zum lebhaften Rothglühen. Dagegen wirkte dieser Apparat gar nicht auf unvollkommene Leiter, und auch nicht auf das Elektrometer. Ein anderer Apparat von gleicher Plattenanzahl, aber mit Platten von 6 Fuß Länge und 2 Fuß 8 Zoll Breite (Schw. J. XVI. 355, vergl. eb. IX. 212; und Gilb. n. A. XXII. 353.) brachte $5\frac{1}{2}$ Fuß langen Platindraht von $\frac{11}{100}$ Zoll Dicke zum Rothglühen, ebenso kleine Stücke Holzkohle im Chloringas zum heftigsten Glühen. Mehrere äusserst strengflüssige oder schwer herzustellende Substanzen wurden durch ihn geschmolzen oder hergestellt: so schmolz Iridium, das im heftigsten Feuer unschmelzbar ist; Wolframoxyd, Tantaloxyd, Molybdänoxyd stellte sich in Berührung mit Kohle her.

In Beziehung auf die Abhängigkeit dieser Wirkungen von der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Metalle stellte Children interessante Versuche an, indem er mit je zwei Drähten von verschiedenen Metallen die Kette schloß, wo stets die Temperatur des schwächeren Leiters die erhöhtere seyn mußte. Hiernach folgen die Metalle hinsichtlich ihrer Leitungsfähigkeit in nachstehender Reihe:

Digitized by Google

Silber, Zink, Gold, Kupfer, Eisen und Platin. Letzteres Metall wird also, da es den geringsten Grad von Leitungsfähigkeit besitzt, vor allen andern erhitzt, während das Silber, der beste Leiter, niemals zum Rothglühen kommt, wenn es mit einem andern Metalle verbunden wird. Die Leitungsfähigkeit des Zinns und Bleis konnte nicht bestimmt werden, da diese Metalle im Augenblick der Entladung schmelzen. Noch besonders ist zu beachten, daß die Folge, worin die Metalle nach ihrer Leitungsfähigkeit für E stehen, mit der Folge nach ihrem Vermögen, die Wärme zu leiten, beinahe zusammenfällt.

Mischungen, durch die Contactelektricität bewirkt.

§. 326.

Auch hier gilt dasselbe, was oben im §. 320. abgehandelt worden: Leiter, welche die Säule entladen, erhitzen sich und werden dadurch geneigt, mit dem atmosphärischen Sauerstoff sich zu vereinigen. Besonders merkwürdig ist es übrigens noch, daß die Substanz mancher Leiter unter gewissen, unten (§. 351.) näher zu erörternden Umständen Verbindungen mit Stoffen eingehen könne, gegen welche sie nur geringe Verwandtschaften äussert.

§. 327.

Findet in den die Säule entladenden Leitern eine Unterbrechung statt, so bricht ein Funke (§. 268.) hervor. Dieser zeigt sich am besten, wenn Metalldrähte, dünne Metallplatten (Goldblättchen, Silberblättchen, Stanniol ꝛc.) Kohlenspitzen, welche mit dem einen Pol in leitender Verbindung stehen, dem andern Pol, also entweder der Polarplatte selbst, oder einem damit verbundenen Drahte, genähert werden. Je spitziger die Ausladen, oder wenigstens einer von beiden, desto schöner zeigen sich die Funken; denn die geringe Intensität der Säule gestattet nicht, daß zwischen platten Flächen der elektrische Funke entsteht. Daher ist auch die Schlagweite

Digitized by Google

(§. 269.) selbst bei den allerkräftigsten Säulen nur sehr gering*). Man ersieht hieraus, daß die Entstehung der Funken an der Säule von ganz anderen Bedingungen abhängig ist, als die Funken, welche am Conductor der Elektrisirmaschine, und selbst an der Flasche oder an einer Batterie zum Vorschein kommen. Auch zeigen sich die Funken der Säule darin verschieden, daß sie kreisförmig umhersprühen, und bei größter Intensität einer leuchtenden Rose oder einer Sonne gleichen.

Die Goldblättchen geben die schönsten Funken, weil sie gleichsam die feinsten Spitzen bilden, welche man sich verschaffen kann; ebenso an einer Oellampe geschwärzte Drähte, wo die Kohlentheilchen ebenfalls als sehr feine Spitzen wirken, und das Licht durch den schwarzen Grund um so glänzender wird. Entstehen die Funken in einem Medium aus atmosphärischer Luft oder Sauerstoffgas, so findet ein wahres Verbrennen des Metalls oder der Kohle statt; in verdünnter Luft fehlt ihnen das Strahlende, sie folgen aber viel schneller auf einander; in unathembaren Gasarten bemerkt man mehr ein bloßes Glühen ohne deutliche Funken. Unter Wasser springen Funken kräftiger Säulen bis auf 1 Linie weit über. Auch in der Flamme brennender Körper zeigen sie sich. Das Ausbrechen der Funken ist mit einem Geräusch begleitet, und wird nicht verhindert oder auch nur vermindert, wenn der ausladende Draht ohne isolirendem Handgriffe blos in der freien Hand gehalten wird.

*) Bei Children's großer Volta'scher Batterie aus 1250 Plattenpaaren erschien der Funke nicht eher, als bis die Spitzen innerhalb $\frac{1}{50}$ Zoll einander genähert wurden. Philos. Transact. for 1809. 36.

Nicholson in Gilb. A. VI. 358. Cruikshank eb. 360 und IX. 353. Davy eb. VII. 122 und XII. 355. Gilbert eb. VII. 157. Pfaff eb. 248. 371 u. 515. Böckmann d. J. eb. VII. 258 u. VIII. 145. Ritter eb. VIII. 467. IX. 336. 341 und 345 ff. u. XIII. 20 ff. Simon eb. 397 ff. Bucholz eb. 435 ff.

Digitized by Google

Van Marum eb. X. 140. Grimm eb. XI. 222. Curtet eb. XII. 361. Brugnatelli eb. XVI. 89.

§. 328.

Auch der Funke der Säule kann brennbare Körper, wie Aether, Alkohol, Feuerschwamm, Baumwolle, Schießpulver, Knallluft, etwas angefeuchteten Phosphor, Schwefel ꝛc. entzünden; nur findet hier der wichtige Unterschied statt, daß wegen der geringen Intensität der Contactelektricität bloß große Säulen solche Wirkungen hervorbringen können, während der schwächste einfache Funke einer Elektrisirmaschine, selbst der des Elektrophors, schon leicht entzündliche Körper, namentlich brennbare Gasarten entzünden kann.

Bourguet in Gilb. A. VII. 490. Steffens eb. 522. Deformes eb. IX. 21. Tihavsky, Leyteny und Hellwig in Scher. J. VII. 617 ff. Reinhold in Gilb. A. XI. 383 ff. Pepys eb. XV. 237. Bunzen eb. 351. Trommsdorf in s. Journ. IX. 155.

Zerlegungen durch die Contactelektricität hervorgebracht.

§. 329.

Dieß ist bei weitem die wirksamste Seite der Contactelektricität. Bei allen Zersetzungen nämlich kommt es nicht sowohl auf die Intensität der wirkenden EE sondern auf ihre Quantität an. In der Säule wirkt aber ein ununterbrochener Strom von EE, dem auch kein zusammengesetzter Körper, so fern er nur Leitungsfähigkeit an sich besitzt, oder durch Vermittlung anderer Substanzen leitend werden kann, zu widerstehen vermag.

§. 330.

Wir beginnen hier unsere Betrachtungen mit den tropfbarflüssigen Körpern. Die merkwürdigsten Erscheinungen bietet

uns das Wasser nicht bloß deshalb dar, weil es mit der größten Leichtigkeit durch die Contactelektricität zerlegt wird, sondern weil es auch als Lösungsmittel so vieler in ihm löslicher Körper letztere zur Zerlegung fähig macht.

Nach Ritter (Gilb. A. XIII. 274) wirkt eine vorher gegangene totale Schließung der Säule schwächend auf ihre chemische Wirksamkeit.

§. 331.

Werden Drähte von den beiden Polen einer Säule in ein mit Wasser gefülltes Gefäß geleitet, so wird das Wasser zerlegt: der Wasserstoff kommt am Drahte vom Kupferpol (§. 293.) als Gas zum Vorschein, der Sauerstoff aber entwickelt sich im gasförmigen Zustande nur dann, wenn der Draht vom Zinkpol von Gold oder Platin ist *), besteht er hingegen aus irgend einem andern Metalle, so tritt der Sauerstoff sogleich nach seiner Ausscheidung mit demselben in Verbindung. In dieser Beziehung pflegt man den Kupferpol auch den Wasserstoffpol, und den Zinkpol den Sauerstoffpol zu nennen.

Die Zerlegung des Wassers scheint zuerst Carlisle (Gilb. A. VI. 348) beobachtet zu haben. Vergl. eb. 469 und XII. 510. Ritter im Taschenb. für Scheidekünstler 1801. 180. S. auch unten §. 352 Asch. Simon (Beschreibung einiger Versuche über das quantitative Verhältniß, worin Volta's Säule das Oxygen- und Hydrogengas aus dem Wasser darstellt eb. X. 282) hat zu zeigen gesucht, daß das Volumen des erhaltenen Gases, verglichen mit der Gewichtsabnahme des Wassers, dem von Lavoisier aufgefundenen Mischungsverhältnisse des Wassers vollkommen entspreche. Simon's Data sind aber nach dem, in neuern Zeiten genauer ausgemittelten, Mischungsverhältnisse des Wassers zu berichtigen. Vergl. Erdmann eb. XI. 211 und XII. 380; auch in Scher. J. X. 193.

Digitized by Google

Die Wasserzersetzung geht desto lebhafter vor sich, je näher sich die beiden Drahtenden sind, sie hört aber ganz auf, wenn sie sich berühren. Carlisle und Nicholson a. a. O. 350. Vergl. Bischof in Schw. u. Mein. n. J. VIII.

Grotthuß (Physisch-chemische Forsch. I. 68; auch in Schw. u. Mein. J. XXVIII. 315) fand, daß eine zwischen zwei Glasflächen eingeengte, höchst dünne Wasserschicht ganz wie ein fester Leiter, oder wie ein edles Metall wirke. Sie giebt nämlich Sauerstoff- und Wasserstoffgas, und Wasser zersetzt auf diese Weise durch Hülfe der Säule Wasser.

*) Selbst Gold- und Platindrähte oxydiren sich aber doch etwas; daher nie aller Sauerstoff als Gas entwickelt wird, und weshalb auch nie das wahre Verhältniß, 2 Maaßtheile Wasserstoff- und 1 M. Sauerstoffgas, gefunden wird. Vergl. Hauch in Scher. J. IX. 226 und Heidmann in Gilb. A. X. 54. Auf die Entwicklung des Wasserstoffgases äussert hingegen der metallene Leiter keinen Einfluß, bloß wenn er von Tellur ist, erzeugt sich eine feste Verbindung dieses Metalls mit Wasserstoff.

Ueber Wasserzersetzung sehe noch: Maréchaux in Gilb. A. XI. 123. Haldane eb. VII. 204. Ueber Veränderung der Drähte: Reinhold eb. XII. 42. Priestley eb. 408.

§. 332.

Die Zerlegung des Wassers kann auch in der Art erfolgen, daß die beiden Bestandtheile desselben in abgesonderten Gefäßen sich entwickeln, wenn nur das Wasser beider Gefäße durch das gemeinschaftliche Sperrungswasser in Communication steht. Ja diese Wirkung tritt sogar noch dann ein, wenn beide Gefäße von einander ganz getrennt sind, und das Wasser in beiden bloß durch eine feuchte Faser (Bindfaden, Baumwolle, Asbest, nassen Kork ꝛc.) oder durch eine Flüssigkeit anderer Art (concentrirte Schwefelsäure, Salpetersäure ꝛc.) mit einander in Verbindung steht.

Digitized by Google

Carlisle und Nicholson a. a. O. 355. Cruickshank eb. VII. 91. Pfaff eb. VII. 363. Simon eb. VIII. 22. auch in Scher. J. VI. 29. Ritter in Gilb. A. VII. 376. u. IX. 273. Vergl. Crell's chem. A. 1801. I. 52. oder Voigt's Magaz. II. 384. Huth in Gilb. A. X. 43. — Davy (eb. VII. 115) fand, daß auch dann die Gasentwicklung erfolge, wenn er einen Finger der rechten Hand in das eine, einen Finger der linken Hand in das andere Gefäß tauchte; ja sogar als er das Wasser in beiden Gefäßen durch drei Personen, die sich anfaßten, verband, blieb der Erfolg derselbe, nur daß er langsamer vor sich ging. Aus der Schnelligkeit des Processes zu urtheilen, ist ein lebender thierischer Körper der beste Leiter hiebei; dann folgt die Muskelfaser, die Pflanzenfaser, zuletzt der benetzte Faden, welcher sehr lang, doch kürzer als 3 Fuß, seyn kann. Erman (eb. XXII. 221) wandte mit demselben Erfolge einen recht gesunden Lumbricus terrestris an.

§. 333.

Die Wasserzersetzung scheint durch Zusatz einer geringen Menge einer Säure, eines Alkali oder eines Salzes zum Wasser beschleunigt zu werden. So wie hingegen die Menge des zugesetzten Stoffes immer mehr wächst, so muß sich die Wasserzersetzung vermindern; indem nun ein Theil der wasserzersetzenden Kraft der Säule auf die Zerlegung des zugesetzten Stoffes verwendet wird. Ein gewisses Verhältniß des zugesetzten Stoffes zum Wasser wird demnach stets das Maximum der Wasserzersetzung herbeiführen. Da indeß die Letztere nach der Menge des entwickelten Gases geschätzt wird, so kann in dem Falle, wo der zugesetzte Stoff den einen oder den andern der Bestandtheile des Wassers enthält, ein solcher, in den gasförmigen Zustand übergegangener Bestandtheil das Volumen des durch die Wasserzersetzung gebildeten Gases vermehren, welches wohl zu unterscheiden ist von der, von der Zerlegung des Wassers herrührenden, Gasentwicklung.

Nach Davy (Gehl. J. V. 50) kann die Vermehrung des Leitungsvermögens des Wassers durch Zusatz eines Salzes nichts oder nur

Digitized by Google

wenig beitragen zur verstärkten Wasserzersetzung; denn als er in zwei Goldkegel abgesondert eine gewisse Quantität Kalilauge und concentrirte Schwefelsäure brachte, so war die Wirkung davon nur sehr wenig merklich, obgleich beide bessere Leiter sind als Salzlösungen. — S. dagegen Hisinger und Berzelius in Gilb. A. XXVII. 300. — Förstemann (Vers. über das Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten für die Elektricität der Volta'schen Säule in Schw. und Mein. n. J. VIII.) bestimmte die verschiedenen Gasquantitäten, welche sich in gleichen Zeiten aus nachbenannten Flüssigkeiten entwickeln, so wie deren Leitungsfähigkeit, aus der Größe der Gasentwicklung, welche das durch dieselben hindurch geleitete elektrische Fluidum einer Säule, in reinem Wasser bewirkt, und erhielt folgende Resultate:

	Specif. Gewicht	Gasmenge in gleichen Zeiten.	Leitungsfähigkeit
Essigsäure . . .	1, 024	1, 208	2, 398
Wasser	1, 000	1, 000	1, 000
Ammoniak . .	0, 936	0, 912	2, 177
Kalilauge . . .	1, 172	0, 885	1, 709
Schwefelsäure .	1, 818	0, 779	1, 737
Salmiaklösung .	1, 064	0, 722	1, 972
Kochsalzlösung .	1, 166	0, 549	1, 672
Salzsäure . . .	1, 126	0, 529	2, 464
Salpetersäure .	1, 236	0, 391	2, 283
Bleizuckerlösung .	1, 132	0	1, 560

Die bei allen diesen Flüssigkeiten auffallend geringere Gasentwicklung als im reinen Wasser (die einzige Essigsäure ausgenommen) spricht für die Annahme, daß, je mehr die Flüssigkeit concentrirt ist, desto weniger von dem Wasser zersetzt werde, indem aus den angegebenen spec. Gewichten sich ergiebt, daß die meisten der obigen Flüssigkeiten in einem ziemlich concentrirten Zustande angewendet wurden. Aus der dritten Zahlenreihe der obigen Tafel ergiebt sich übrigens, daß die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten nicht im Verhältnisse

Digitized by Google

ſtehe mit den aus ihnen in gleichen Zeiten entwickelten Gasquantitäten, wie Mehrere anzunehmen geneigt waren. Vergl. Erman in Gilb. A. X. 2. Volta eb. XII. 511 u. 516; dagegen Ritter eb. IX. 302.

Wenn die ungleichnamigen Pole zweier Säulen durch reines Waſſer mit einander verbunden werden, in welches die beiden Polardrähte 0, 14 Zoll von einander entfernt, geleitet ſind, ſo iſt die waſſerzerſetzende Kraft nur $\frac{5}{6}$ mal ſo ſtark, als wenn die beiden Säulen durch einen ununterbrochenen metalliſchen Leiter mit einander verbunden ſind. Biſchof a. a. O. VIII.

§. 334.

Leitet man die beiden Pole durch Drahtverbindungen in Waſſer, das gefärbt iſt durch ein vegetabiliſches Pigment, welches durch Säuren und Alkalien verſchiedene Farbenveränderungen erleiden kann, ſo zeigen ſich alſobald an den beiden Drähten eben ſolche Farbenveränderungen. War z. B. das Waſſer durch Aufgießen auf Braunkohl (Brassica oleracea Var.) blau gefärbt, ſo verändert der + Pol ebenſo wie eine Säure, dieſe Farbe in roth, und der — Pol ebenſo wie ein Alkali, dieſe Farbe in grün; ſtets zeigt alſo der + Pol dieſelbe Wirkung wie eine Säure und der — Pol die gleiche Wirkung wie ein Alkali. Dürfen wir aus gleichen Wirkungen auf gleiche Urſachen ſchließen, ſo müſſen wir annehmen, daß durch die Wirkung der Säule am + Pol eine Säure, am — Pol ein Alkali erzeugt worden ſey.

Dieſe Farbenveränderungen wurden zuerſt wahrgenommen von Carliſle eb. VI. 350. Cruickſhank eb. 363 und VII. 94. S. auch Böckmann eb. VIII. 152. Erman eb. X. 15. Reinhold X. 458. Anm. Sie laſſen ſich am beſten zeigen, wenn eine wie ein V gebogene Glasröhre mit der Braunkohlinfuſion gefüllt, und in den einen Schenkel der + Pol, in den andern der — Pol geleitet wird. Wechſelt man, nachdem in beiden Schenkeln die ver-

Digitized by Google

schiedenen Färbungen eingetreten sind, die Verbindung der Drähte, so nimmt die geröthete Flüssigkeit bald ihre ursprüngliche blaue Farbe wieder an und wird dann grün, und die grüne Flüssigkeit geht durch die ursprünglich blaue Farbe in die rothe über. Dieser Farbenwechsel kann durch Vertauschung der Drähte, so oft man will, wiederholt werden; auf gleiche Weise durch abwechselnde Anwendung von Säuren und Alkalien.

§. 335.

Auch während der Zerlegung des reinen Wassers durch die Säule wollten einige Chemiker die Erzeugung einer Säure und eines Alkali bemerkt haben *). Durch die sorgfältigsten Versuche Anderer wurde indeß dargethan, daß Wasser, welches in einer silbernen Blase, bei einer mäßigen Hitze destillirt worden, weder Säure noch Alkali gab, wenn es in Gefäßen von Gold oder Achat bei abgeschlossenem Luftzutritt der Wirkung der Säule ausgesetzt wurde.

Cruickshank hielt die Säure für Salpetersäure und das Alkali für Ammoniak Gilb. A. VII. 109 u. 95. Auch Böckmann (eb. 245 und 263) und Pfaff (eb. 519) bemerkten die Salpetersäure-Erzeugung. Simon (eb. VIII. 36 und Scher. J. VI. 42), welcher die beiden mit Wasser gefüllten Röhren, in welche die beiden Polardrähte geleitet wurden, mit einem Streifen magern Rindfleisches verband, erhielt am — Pol Ammoniak, am + Pol Salzsäure, welche letztere er aber der Gegenwart des Fleisches zuschrieb; denn er fand späterhin (eb. IX. 386) daß im reinen Wasser bei Anwendung von Gold- oder Platindrähten weder Säure noch Alkali sich bilde, dagegen jederzeit, wenn auch nur eine Spur einer vegetabilischen oder thierischen Substanz darin sich befand. Vergl. Hisinger und Berzelius in Scher. J. IX. 577. S. auch Davy eb. 306 und Desormes eb. IX. 28. Bucholz (eb. IX. 453) läugnete diese Säure- und Alkalierzeugung, auch Parrot, (eb. XII. 64) sofern reines Wasser und lauter Metalle oder Stricke, aber kein Muskelfleisch, zu Leitungen angewendet werden. Pachiani's, (eb. XXI. 108. 113 ff. eb. XXII. 211; s. auch Gehl. n. J. V. 242.) mit pomphaften Phrasen

angekündigte, von Brugnatelli (Gilb. A. XXIII. 191) Nauche und Beau-de-Launay (eb. XXIII. 463 und XXIV. 391) von Monza (eb. 391); und Sylveſter (eb. XXV. 107.) beſtätigte Entdeckung einer vermeintlichen Salzſäureerzeugung aus dem Waſſer mittelſt der Säule, widerlegten ſich eigentlich ſchon durch die früheren, mit bei weitem mehr Sorgfalt angeſtellten und oben angeführten Unterſuchungen Simon's. (S. auch eb. XXVII. 327). Auch andere, wie Riffault (eb. XXII. 202; ſ. dagegen XXV. 99.). Erman (eb. 220; ſ. auch Gehl. n. J. V. 214). Biot und Thenard (eb. 496). Ritter (Gehl. J. I. 36) zeigten, daß Pachiani ſich getäuſcht habe, indem die Säureerzeugung einzig und allein von der Gegenwart vegetabiliſcher oder thieriſcher Stoffe, die als leitende Verbindungen gebraucht wurden, herrührten. Vergl. auch Pfaff in Gehl. J. II. 504 u. 703. Volta eb. V. 68. und Wilkinſon (Gilb. A. XXIV. 98). Gruner (eb. 85). — Endlich bewies Davy (über die Veränderungen, welche die E in dem Waſſer hervorbringt, in Gilb. A. XXVIII. 2; auch in Gehl. J. V. 2; und Schw. J. IV. 314) mit aller Strenge, daß Salzſäure und Natron nie anders erſcheinen, als wenn ſie ſchon gebildet in den Stoffen oder Gefäßen, deren man ſich zur Waſſerzerſetzung bedient, vorhanden ſind. Setzt man ſehr reines Waſſer der Einwirkung der Säule in Gefäßen von Gold oder Achat aus, die durch ein Stück genäßten Amianths verbunden ſind, ſo entſteht weder Natron noch Salzſäure, man erhält aber an dem + Pol ſalpetrige Säure und am — Pol ein wenig Ammoniak. Beide bilden ſich auf Koſten des Stickſtoffs der in dem Waſſer enthaltenen atmoſphäriſchen Luft; denn wenn ſich der ganze Apparat in einer Atmoſphäre von Waſſerſtoffgas befindet und das Waſſer ſehr rein iſt, ſo erſcheint keine von beiden Subſtanzen. — Von dem wichtigen Einfluß der Subſtanz der Gefäße, worin Waſſer und andere Subſtanzen zerlegt werden, ſ. unten §. 347.

Dieſe vermeintliche Erzeugung der Salzſäure und des Natrons aus reinem Waſſer durch die Säule iſt in hiſtoriſcher Hinſicht von Intereſſe, weil ſo manche ſonſt genaue Chemiker dadurch getäuſcht worden ſind. Sie zeigt uns, welche beſondere Bedeutung die Säule in den Händen der Chemiker erlangt hat, und welch über-

Digitized by Google

aus mächtiges und am allgemeinsten wirksames Agens sie uns darbietet.

Mehrere der in diesem §. schon angeführten Abhandlungen und noch mehrere andere finden sich auch in Gehl. J. II. 116 ff. und 321 ff.

Die Bildung der salpetrigen Säure oder Salpetersäure und die des Ammoniaks, auf Kosten der sich, an den beiden Polen entwickelnden Bestandtheile des Wassers, und des Stickstoffs der atmosphärischen Luft, ist uns ein Fingerzeig, daß durch Wirkung der Säule auch gasförmige Körper mit einander verbunden werden können, besonders wenn der Eine im Augenblicke seiner Entbindung mit dem andern, welcher im gasförmigen Zustande schon vorhanden ist, zusammentrifft. Dieß macht es sehr wahrscheinlich, daß an beiden Polen der Säule Wasser erzeugt werden würde, wenn der + Pol von einer Wasserstoffgas-Atmosphäre, der — Pol von einer Sauerstoffgas-Atmosphäre umgeben wäre. Giobert's Versuche (Gehl. J. VII. 319) scheinen auch dafür zu sprechen.

§. 336.

Werden Drähte von beiden Polen in wässrige Salzlösungen geleitet, so findet stets eine Zerlegung des gelösten Salzes statt; der Erfolg der Zersetzung ist aber verschieden, je nachdem das Metall der Basis des Salzes ein leicht- oder ein schwerherstellbares ist. In jenem Falle nämlich schlägt sich das Metall am — Pol meist in Form von Dendriten und Metallbäumchen nieder, dagegen erscheint der Sauerstoff der Basis und die Säure des Salzes am + Pol. In diesem Falle sammelt sich die unzersetzte Basis am — Pol und die Säure allein am + Pol. Sind mehrere Neutralsalze, welche nebeneinander bestehen können, in den Lösungen zugleich enthalten, so sammeln sich die Säuren, mit einander gemischt, an dem ihnen entsprechenden Pole, und eben so die Basen, ohne daß es dabei auf den Rang in den Verwandtschaften anzukommen scheint.

Digitized by Google

Ueber Metallniederschläge aus essigsaurem Bleioxyd, schwefelsaurem Kupfer- und salpetersaurem Silberoxyd ꝛc. s. Cruickshank eb. VI. 364. u. VII. 95. und 104. Ritter im Taschenbuch für Scheidekünstler 1801. 183., s. auch Gehl. n. J. III. 694. Böckmann in Gilb. A. VIII. 157. Desormes eb. IX. 38. Bucholz eb. 441. Brugnatelli eb. XVI. 94. Aus sehr schwer herstellbaren Metalloxyden, Gahn in Scher. J. IX. 576. Die Salze der Alkalien und Erden, als wässrige Lösungen, werden stets in der Art zerlegt, daß die Basis, ohne desoxydirt zu werden, am — Pol sich sammelt. Auch die Eisen- und Zinksalze, so wie die anderer schwer herstellbarer Metalloxyde scheinen bloß theilweise desoxydirt zu werden, wenn sie hiezu fähig sind, oder sie sammeln sich ganz unzerlegt am — Pol. Vergl. Böckmann a. a. O. 155. und von Arnim eb. VIII. 175. und Gahn a. o. a. O. Hisinger und Berzelius Versuche über die Wirkung der elektrischen Säule auf Salze und deren Basen in Gilb. A. XXVII. 269; auch in Gehl. n. J. I. 115. Riffault und Chompré hierüber eb. XXVIII. 115. Davy eb. XXVIII. 23. und in Gehl. J. V. 13. Ruhland über die Metallniederschläge am — Pol in Schw. J. XV. 411.

§. 337.

Ist die Flüssigkeit, worein die Drähte geleitet werden, eine der mineralischen Sauerstoffsäuren, so sammelt sich immer der Sauerstoff am + Pol, der andere Bestandtheil der Säure am — Pol; enthält hingegen die Flüssigkeit eine Wasserstoffsäure, so erscheint der Wasserstoff am — Pol, der andere Bestandtheil der Säure dagegen am + Pol; enthält endlich die Flüssigkeit Ammoniak, so zeigt sich ebenfalls eine diesem ähnliche Zersetzung.

Ueber Zersetzung der Schwefelsäure s. Henry eb. VI. 370, Cruickshank eb. VII. 100. Davy eb. 124 und XII. 356. Gilbert eb. VII. 178. Simon eb. VIII. 30. Böckmann eb. 154. von Arnim eb. 184. Gruner in Schw. J. V. 325.

Die farbenlose Salpetersäure zersetzt sich nach Henry (eb. VI. 371) in Sauerstoffgas und Stickgas. S. dagegen Cruikshank eb.

Digitized by Google

VII. 107. S. auch Davy eb. VII. 125. und XII. 357. von Arnim eb. VIII. 188. Ritter eb. IX. 284. Bucholz (eb. IX. 441) verwandelte stark verdünnte Salpetersäure in Ammoniak.

Während der Zersetzung der Salzsäure zeigte sich am + Pol der Golddraht sehr stark angefressen, am — Pol entwickelte sich Wasserstoffgas. Davy eb. VII. 125. Böckmann eb. VIII. 154. Vergl. Nicholson und Carlisle eb. VI. 358 und Henry eb. VI. 371. Das Salzsäuregas, in welchem Kohle durch Entladung der Säule fast zwei Stunden lang weißglühend erhalten wurde, wurde nicht zersetzt; Davy eb. XII. 359. — Wässriges Chlorin gab Sauerstoff- und Wasserstoffgas. Henry eb. VI. 371.

Das liquide Ammoniak giebt, je nachdem, nach Verschiedenheit der Stärke der Säule, bloß Wasser oder auch Ammoniak zersetzt wird, verschiedene Resultate. S. Cruickshank in Gilb. A. VII. 104. Henry eb. 132. Davy eb. 122. u. 130. und in n. A. I. 161. Ritter in Voigt's Magaz II. 397. Steffen's in Gilb. A. VII. 523. Böckmann eb. VIII. 154. Bucholz eb. IX. 449. Bostock eb. XII. 483. Hisinger und Berzelius eb. XXVII. 273.

§. 338.

Werden mit etwas Wasser befeuchtete oder bloß an der Atmosphäre feucht gewordene Metalloxyde in den Kreis der Säule gebracht, so erscheint am Drahte vom — Pol das Metall, am + Poldraht hingegen sammelt sich der Sauerstoff an.

Die merkwürdigste, in der Geschichte der Chemie Epoche machende Zerlegung der Art ist die der feuerbeständigen Alkalien, so wie mehrerer Erden, welche Humphry Davy zuerst geglückt. Verwandlung der Alkalien in ein Metall in Gehl. J. VI. 660 und in Gilb. A. XXVII. 117.; ferner: Ebend. über die Zersetzung der feuerbeständigen Alkalien, die Darstellung der neuen Körper, welche ihre Basen ausmachen, und die Natur der Alkalien überhaupt; eb. n. A. I. 116. V. 149.; auch in Gehl. J. VII. 595. Berze-

Digitized by Google

lius und Pontin hierüber in Gilb. n. A. VI. 247. Ueber Zersetzung der Erden. Davy eb. II. 365 und eb. III. 246; auch in Gehl. J. IX. 484. Ebend. neue zerlegende Untersuchungen über die Natur einiger Körper in Gilb. n. A. V. 149. 278. und 433; vergl. eb. 479; auch in Schw. J. I. 300. 324. 473. 481. II. 42. Vergl. ferner hierüber Gay-Lussac und Thenard, Ritter, Boissier, Seebeck, Heinrich, Sternberg, Simon, Trommsdorff u. s. w. in Gehl. J. V. 150. 302. 410 ff. 565 ff.

§. 339.

Ueber die Wirksamkeit der Säule auf zusammengesetzte gasförmige Körper können wir hier bloß einige allgemeine Betrachtungen anstellen. Eine Zersetzung der Art, wie wir sie bei den tropfbaren Flüssigkeiten kennen gelernt haben, kann bei Gasarten nicht statt finden; denn letztere sind ja Nichtleiter der E. Erlangen aber solche Gasarten durch Sättigung mit Wasserdunst Leitungsfähigkeit, so kann eine Zersetzung eintreten, welche zugleich, und zwar zunächst den Wasserdunst trifft, wodurch also die Wirkungen verwickelter werden. Eine Zersetzung zusammengesetzter Gasarten durch die Säule, auf gleiche Weise wie durch die Elektrisirmaschine zu bewirken (§. 323.), ist wegen der sehr unbeträchtlichen Schlagweite der Contactelektricität (§. 327.) nicht wohl, oder wenigstens doch nur durch sehr große Säulen ausführbar.

Giobert's Versuche über die Wirkung des galvanischen Stromes auf verschiedene Gasarten (a. a. O.) lassen noch manches zu wünschen übrig. Vergl. auch Ritter eb. 328.

§. 340.

Ebenso wie sich zusammengesetzte unorganische Stoffe durch Wirkung der Säule in ihre Bestandtheile zerlegen lassen, erleiden auch zusammengesetzte organische Substanzen ähnliche Zersetzungen. Die Salze, welche letztere enthalten, gehorchen demselben Gesetze.

Digitized by Google

Alkohol und Aether geben Sauerstoff- und brennbares Gas (Kohlenwasserstoffgas). Davy in Gilb. A. XII. 356. — Ein Stück Muskelfaser, der Wirkung einer Säule von 150 Plattenpaaren 5 Tage lang ausgesetzt, wurde vollkommen trocken und hart: Kali, Natron, Ammoniak, Kalk und Eisenoxyd waren daraus insgesammt ausgetreten, und fanden sich in dem Wasser am — Pol; Salz- Salpeter- Schwefel- und Phosphorsäure dagegen in dem Wasser am + Pol. Nach dem Einäschern zeigte sich auch nicht einmal eine Spur von Salz im Rückstande. — Ein Lorberblatt wurde braun und wie geröstet: am — Gefäß (d. h. worein der — Pol geleitet wurde) zeigte sich die grün färbende Materie, Harz, Alkali und Kalk; im + Gefäße eine wasserhelle Flüssigkeit, welche Blausäure enthielt. — Selbst eine lebende Krausemünzen-Pflanze, die sich in einem Zustande vollkommener Vegetation befand, erlitt im Kreise der Säule während 10 Min. eine theilweise Zersetzung, indem Kali und Kalk im — Gefäße und eine Säure im + Gefäße sich ansammelte. Die Pflanze erholte sich wieder, eine andere aber, die vier Stunden lang in der Kette blieb, verwelkte und starb. — Taucht man in das reine Wasser des + Gefäßes die vorher mit destillirtem Wasser recht rein gewaschenen Finger, so entbindet sich darin, nach Schließung des Kreises, sehr schnell Salz- Schwefel- und Phosphorsäure. Im — Gefäße entwickelt sich nicht minder schnell das Alkali. — Der saure und der alkalische Geschmack, welcher erregt wird, wenn das Zink oder das Kupfer eines einzigen Plattenpaares die Zunge berührt, scheint von der Zersetzung der Salze im Speichel herzurühren. Davy in Gilb. A. XXVIII. 197; auch in Gehl. J. V. 56. Vergl. Hisinger Versuche über die Wirkung der elektrischen Säule auf thierische und vegetabilische Substanzen in Gilb. A. XXVII. 304.; auch in Gehl. J. II. 328. S. auch Larcher Daubancourt und Zanetti d. A. chemische Beobachtungen über verschiedene, der Einwirkung des Galvanismus unterworfene, thierische Flüssigkeiten in Gehl. n. J. I. 357. und Brugnatelli Wirkung der Volta'schen Säule auf verschiedene thierische Flüssigkeiten eb. 363.

§. 341.

Während die Säule im Wasser sich entladet, und letzteres dadurch in seine Bestandtheile zerfällt, werden die an den beiden Polen sich äussernden EE nicht, oder wenigstens nicht vollständig verwendet; denn dieselben verlieren dadurch nicht die Fähigkeit auf das Elektrometer zu wirken. Hieraus erklärt sich, woher es komme, daß eine schlecht isolirte Säule ihre wasserzersetzende Kraft noch ganz in demselben Maaße zeigen könne, wie wenn sie möglichst vollkommen isolirt ist, während eine schlecht isolirte Säule keine elektrometrischen Wirkungen äussert, wenigstens nicht an dem schlecht isolirten Pol.

Erman in Gilb. A. X. 3. und 5. Vergl. auch Ritter eb. VIII. 456. und Jäger eb. XIII. 411 ff. Bischof a. a. O. VIII.

§. 342.

Bei allen den in den vorhergehenden §§. beschriebenen Zerlegungen, womit Wasser im Spiele ist, erfolgt stets auch neben denen eines Salzes, einer Säure oder eines Metalloxyds (Alkali) die Zersetzung des Wassers, dessen Bestandtheile sich entweder unabhängig von denen des andern Körpers an den entsprechenden Drähten (§. 349.) ansammeln, oder mit letzteren eigenthümliche Verbindungen eingehen. Bei wässrigen Salzlösungen, wo das Metall der Basis regulinisch am — Pol sich niederschlägt, steigt kein Wasserstoffgas auf.

Hisinger und Berzelius (Gilb. A. XXVII. 287) haben bemerkt, daß in verschiedenen Salzlösungen die Gasentbindung noch eine geraume Zeit fortdauerte, nachdem die Verbindung der beiden in die Salzlösung geleiteten Drähte mit den Polen der Säule längst aufgehoben worden war.

§. 343.

Auch die Bestandtheile eines Salzes lassen sich wie die des Wassers in abgesonderten Gefäßen erhalten, wenn man die

Digitized by Google

Salzlösung in ein Gefäß von Achat, Chalcedon oder Gold, reines Wasser in ein anderes gießt, beide Flüssigkeiten durch eine feuchte Faser in leitende Verbindung setzt, und die beiden Pole in die beiden Gefäße leitet. Nach hinlänglich lange fortgesetzter Wirkung der Säule wird das Salz vollständig zerlegt, und entweder das Alkali oder die Säure durch die feuchte Faser in das mit Wasser gefüllte Gefäß übergeführt, je nachdem entweder der + Pol oder der — Pol in die Salzlösung geleitet worden war. Ganz dasselbe erfolgt, wenn das Salz ein leicht oder schwer herstellbares Metalloxyd enthält: in jenem Falle erscheint das Metall hergestellt, in diesem als Oxyd am — Pol, gleichviel ob die Salzlösung in dem Gefäße des + Pols oder des — Pols enthalten war; so daß also, wenn jenes statt findet, sogar das im Wasser unlösliche Metall durch die feuchte Faser übergeführt wird.

§. 344.

Wird ganz dieselbe Verbindung wie vorhin getroffen, nur mit dem Unterschiede, daß man in beide Gefäße dieselbe Salzlösung gießt, so erhält man, nach einer hinlänglich lange fortgesetzten Wirkung der Säule, alle Säure in dem Gefäße des + Pols und alles Alkali in dem Gefäße des — Pols. Während also im vorigen §. entweder die Säure oder das Alkali, *jedes für sich* übergeführt worden ist, werden hier *beide zugleich* durch die feuchte Faser, oder vielmehr durch das Wasser, welches sie enthält, in *entgegengesetzten Richtungen* übergeführt.

Davy über das durch E bewirkte Hinüberführen gewisser Bestandtheile der Körper in Gilb. A. XXVIII. 26; auch in Gehl. J. V. 20. Vergl. auch Brugnatelli Beobachtungen über einige galvanische Phänomene eb. VI. 116.

Dasselbe kann durch die Frictionselektricität bewirkt werden, wenn zwei Platinspitzen von $\frac{1}{70}$ Zoll im Durchmesser in Glasröhren,

nach Art Wollaston's befestigt, angewendet werden. Davy in Gilb. A. XXVIII. 42. u. 158.

§. 345.

Diese zersetzende und fortführende Kraft der Säule ist sogar so stark, daß Bestandtheile zusammengesetzter Körper durch Gefäße geführt werden können, worin sich Substanzen befinden, zu welchen jene eine starke Verwandtschaft haben. Wenn z. B. in §. 343. zwischen die beiden Gefäße ein drittes, entweder mit einer verdünnten Lösung eines Alkali, oder mit verdünnter Säure gefüllt gebracht, und mit den beiden andern durch eine feuchte Faser leitend verbunden wird: so kann entweder die Säure des Salzes durch das Alkali, oder die Basis desselben durch die Säure geleitet werden, je nachdem die Salzlösung mit dem — Pol oder mit dem + Pol in Verbindung gesetzt wird, ohne daß in dem mittleren Gefäße zwischen dem darin enthaltenen Stoffe und dem hindurchgehenden eine Verbindung erfolgt. — Eben so können Säuren und Alkalien auf ihrer elektrischen Hinüberführung, durch Wasser hindurchgehen, welches mit Pflanzenpigmenten gefärbt ist, ohne deren Farben zu ändern.

§. 346.

Dieses Hindurchführen findet dann nicht, oder doch nur sehr langsam und in sehr geringem Grade statt, wenn die Säure oder das Alkali des mittlern Gefäßes entweder sehr concentrirt ist, oder eine sehr starke Verwandtschaft zu dem hindurchgehenden Stoff hat, oder mit demselben eine unlösliche Verbindung eingeht.

So kann z. B. Kalk durch verdünnte Schwefelsäure hindurchgeführt werden, schwieriger geht es aber von Statten, wenn die Säure concentrirt ist. Schwefelsäure läßt sich nicht, oder doch nur während längerer Zeit in sehr geringer Menge durch Barytwasser hindurchführen: Schwefelsäure und Baryt haben aber auch

sehr große Verwandtschaft zu einander und verbinden sich zu einem unlöslichen Gemisch. Umgekehrt läßt sich auch aus gleichem Grunde Baryt durch Schwefelsäure nicht hindurchführen. Davy über das durch die E bewirkte Hindurchgehen von Säuren, Alkalien und andern Substanzen, durch Mittel, gegen die sie chemische Anziehung haben in Gilb. A. XXVIII. 32 und in Gehl. J. V. 24.

§. 347.

Aus den beschriebenen Wirkungen der Säule ergiebt sich, daß die Substanz des Gefäßes, worin die der Zersetzung unterworfenen Salze ꝛc. ꝛc. gebracht werden, einen wesentlichen Einfluß haben müsse, wenn sie im Wasser löslich ist, oder wenigstens in dieser Flüssigkeit lösliche Stoffe enthält. Besteht z. B. das Gefäß aus Gyps, so wird derselbe auf gleiche Weise wie das darin enthaltene Salz ꝛc. ꝛc. eine theilweise Zerlegung erleiden. Allein selbst dann, wenn die Substanz des Gefäßes nicht im Wasser löslich, aber doch der Zersetzung fähig ist, kann, wenn die Säule nur etwas kräftig wirkt, eine theilweise Zersetzung statt finden.

So scheidet sich aus gläsernen, mit Wasser gefüllten Gefäßen, wenn die Pole der Säule hinein geleitet werden, das Alkali des Glases am — Pol aus. Carrarischer Marmor, Thonschiefer, Serpentin, Zeolith und andere Steine geben Natron; Lepidolith Kali; glasige Lava vom Aetna Kali, Natron und Kalk, wenn entweder aus diesen Stoffen Gefäße geformt und mit Wasser gefüllt, oder derbe Stücke von ihnen, in schicklichen Gefäßen in Berührung mit Wasser, der Wirkung der Säule ausgesetzt werden. Davy von den Wirkungen der E bei verschiedenen Zersetzungen in Gilb. A. XXVIII. 17 und Gehl. J. V. 13. — Auch Schwefelmetalle werden in Berührung mit Wasser durch kräftige Säulen zersetzt. Guyton in Gilb. A. XXVIII. 299.

Hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit, zu den Gefäßen, worin solche Zersetzungen vorgenommen werden, solche Substanzen zu wählen,

Digitized by Google

welche auf den Erfolg des Versuchs keinen Einfluß haben können, (vergl. oben §. 335.)

§. 348.

Wir haben aus dem Bisherigen ersehen, daß durch Wirkung der Säule die chemische Anziehung zwischen zweien verschiedenen Stoffen entweder ganz überwunden, oder doch wenigstens sehr geschwächt werden könne. Auf welche Weise die Bestandtheile eines der Zersetzung unterworfenen Gemisches, selbst auf langem Wege, zu den beiden Polen der Säule gelangen, läßt sich nicht wahrnehmen; um uns diese merkwürdige Erscheinung zu erklären, müssen wir daher zu irgend einer Hypothese unsere Zuflucht nehmen. (S. unten §. 358.)

Die Säule bietet uns eine regelmäßige Folge von zersetzenden Kräften dar, von der schwächsten Wirkung an, welche kaum die Verwandtschaft zwischen den Bestandtheilen eines neutralen Salzes aufzuheben hinreicht, bis zu der höchsten Energie, welche die am stärksten an einander gebundenen Elemente, wie namentlich die der Alkalien und Erden, trennt.

Der chemische Proceß in seinen abhängigen Verhältnissen von der Säule, und von der Berührung heterogener Substanzen überhaupt.

§. 349.

Aus allen in den vorhergehenden §§. angestellten Betrachtungen leitet sich folgendes allgemeine Resultat ab:

Sauerstoffsäuren, Wasserstoffsäuren, Metalloxyde und Salze werden durch die Säule stets so zerlegt, daß der Sauerstoff und die Säuren vom + Pol angezogen, vom — Pol hingegen abgestoßen; umgekehrt der Wasserstoff, alle brennbare Körper und die Basen vom — Pol angezogen, vom + Pol aber abgestoßen werden.

Digitized by Google

Hisinger und Berzelius in Gilb. A. XXVII. 296. Davy eb. XXVIII. 38. und in Gehl. J. V. 29.

Gewisse Stoffe können aber am + Pol oder am — Pol auftreten, je nachdem sie mit diesem oder jenem Stoffe verbunden der Wirkung der Säule ausgesetzt werden. So entwickelt sich der Stickstoff am — Pol, wenn er mit Sauerstoff verbunden als Salpetersäure, hingegen am + Pol, wenn er mit Wasserstoff verbunden als Ammoniak in den Kreis der Säule kommt. S. unten

§. 350.

Die Zerlegung eines zusammengesetzten Körpers durch die Säule muß also durch die vereinte Wirkung der beiden Pole erfolgen; denn jeder Bestandtheil desselben wird von dem einen Pol angezogen und zugleich von dem andern abgestoßen. Daß eine solche Zerlegung möglich werde, ist demnach erforderlich, daß die anziehenden und abstoßenden Kräfte der beiden Pole zusammen genommen größer seyen, als die chemische Anziehung, welche die Bestandtheile des zusammengesetzten Körpers in Verbindung hält.

§. 351.

Geht man davon aus, daß zwischen Mischung und Zerlegung derselbe Gegensatz statt findet, wie zwischen Anziehung und Abstoßung, worauf sich nach dem vorigen §. die Wirksamkeit der beiden Pole zurückführen läßt, so muß es auch möglich seyn, durch die anziehenden und abstoßenden Kräfte der beiden Pole einer Säule die Anziehung zwischen je zwei Stoffen zu verstärken, und Mischung da zu bewirken, wo sie unter den gewöhnlichen Umständen nicht erfolgen würde.

Es sey AB ein Gemisch, deren einer Grundstoff A von dem — Pol angezogen, von dem + Pol abgestoßen wird, während der andere Grundstoff B umgekehrt von dem — Pol abgestoßen und von dem + Pol angezogen wird; bietet man dieses Gemisch der vereinten

Digitized by Google

Wirkung beider Pole dar: so wird sich A am — Pol und B am + Pol sammeln. Wenn nun umgekehrt A und B im getrennten Zustande so mit dem + Pol in Verbindung gesetzt werden, daß A von demselben nicht abgestoßen werden kann, (wie dieß möglich ist, wird sich nachher ergeben) so wird die chemische Anziehung zwischen A und B verstärkt werden durch die anziehende Kraft des + Pols zu B und zugleich durch die abstoßende Kraft des — Pols gegen B; es wird demnach die Mischung zwischen A und B weit leichter als unter den gewöhnlichen Umständen erfolgen. Hieraus ist einzusehen, wie es möglich ist, daß unter solchen Umständen A und B mit einander sich verbinden können, wenn auch zwischen ihnen ein nur sehr geringer Grad der chemischen Anziehung statt findet.

Z. B. Silber, welches nur schwache Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, verbindet sich sehr leicht mit demselben, wenn es als Leiter am + Pol zur Zerlegung des Wassers dient; (in welcher Eigenschaft es also, wie oben als Bedingung gesetzt worden, vom + Pol nicht abgestoßen werden kann.) Die Erklärung dieser Erscheinung ergiebt sich sehr einfach, wenn man oben für A Silber, und für B Sauerstoff setzt. Ein Kupferdraht, der vom + Pol in eine Säure geleitet wird, oxydirt sich sehr leicht, und das entstandene Oxyd löset sich in der Säure auf; dieselbe Wirkung erfolgt hingegen in viel geringerem Grade, oder bei kräftiger Wirkung der Säule gar nicht, wenn der Kupferdraht als Leiter am — Pol dient. Die Erklärung dieser Erscheinung ist dieselbe wie vorhin, wenn bloß statt Silber Kupfer gesetzt wird. Davy in Gilb. A. XVIII. 173.

§. 352.

Obgleich die chemischen Wirkungen in desto höherem Grade sich zeigen, je mehr die Zahl der Plattenpaare beträgt, so kann doch auch ein einziges Plattenpaar schon sehr auffallende chemische Erscheinungen verursachen. Berücksichtigt man, daß sehr häufig chemische Processe unter Umständen vor sich gehen, wo zwei ungleichartige Stoffe mit einander in Berührung stehen, so werden in solchen Fällen veränderte,

Digitized by Google

den Verwandtschaftsgesetzen widersprechende Erscheinungen sich darbieten. Ebenso treten häufig chemische Wirkungen ein, die bloß von dem Contact heterogener Substanzen herrühren, und ausserdem gar nicht zum Vorschein kommen. Uebrigens ist hier darauf besonders zu achten, daß die von der Berührung heterogener Körper abhängigen Erscheinungen nur statt finden, wenn die Berührung in Massen erfolgt, nicht in den kleinsten Theilen (Atomen §. 11.)

Wird ein Zink- und Platindraht in Wasser getaucht, dem etwas Salz- oder Schwefelsäure zugesetzt worden, so entwickelt sich durch Zerlegung des Wassers, so lange beide Metalle ausser Berührung sind, bloß an dem Zinke Wasserstoffgas; so wie sie sich aber berühren, erfolgt augenblicklich auch an dem Platindrahte Wasserstoffgasentwicklung.

Stellt man eine Zink- und Silberstange in eine wässrige Lösung von Bleizucker, so schlägt sich alsobald das Blei am Zinke, nicht aber am Silber nieder; kommen hingegen beide Metalle in Berührung, so zeigt sich nach einiger Zeit der Bleiniederschlag auch am Silber. Die Fällung des Bleies durch das Zink erfolgt ganz den Verwandtschaftsgesetzen gemäß; die durch das Silber aber ist bloß abhängig von der Berührung beider Metalle, und der dadurch verursachten Elektricitätserregung: das Silber bildet den — Pol, an welchem sich nach §. 319. die Metalle sammeln. Es darf übrigens hiebei gar nicht befremden, daß auch dann noch die Fällung des Bleies am Zinke vor sich geht, wenn sich gleichzeitig am Silber Blei ausscheidet, und daß sich in gleichen Zeiten immer viel mehr Blei am Zinke als am Silber niederschlägt; denn die von der Berührung beider Metalle abhängige Wirkung kann, da sie bloß von einem einzigen Paar ausgeht, nur sehr schwach seyn, und eine solche schwache Wirkung vermag nicht die bei weitem stärkere, welche das Zink hervorbringt, (indem es eine stärkere Verwandtschaft als Blei zum Sauerstoffe hat) aufzuheben, obgleich letztere allerdings etwas geschwächt wird, da Zink in Berührung mit Silber den + Pol bildet, der nach §. 319 metallische Stoffe, in unserm Falle also das Blei in dem Bleizucker, abstößt. Dasjenige was auf die an-

Digitized by Google

gezeigte Weise durch zwei verschiedene, sich berührende Metalle in einer Bleizuckerlösung erfolgt, stellt sich nach und nach von selbst ein, wenn eine bloße Zinkstange in diese Lösung gebracht wird; denn so wie sich an dem Zinke Blei niederschlägt, das aber an demselben adhärirend bleibt, so sind dieselben Bedingungen gegeben, nämlich Berührung zweier verschiedener Metalle. Aus den Baum-ähnlichen Verzweigungen, in welchen das später sich herstellende Blei an das früher hergestellte sich anlegt, läßt sich auch schließen, daß an das gleich im ersten Moment der Wirkung ausgeschiedene Blei, welches den — Pol darstellt, das späterhin sich ausscheidende anlagert. Eben so wenig aber, als in dem vorhin angeführten Falle die Ausscheidung des Bleies an der Zinkstange aufhört, wenn dieselbe an der Silberstange beginnt, kann man auch in diesem Falle annehmen, daß die fortwährende Ausscheidung des Bleies bloß von der Berührung, d. h. von der dadurch erregten Elektricitätserregung, abhängig sey, ohne daß die chemische Wirkung hiebei ihren Antheil habe; vielmehr ist zu erwarten, daß dasjenige Blei, welches sich durch Wirkung der Berührung ausscheidet, verhältnißmäßig nur sehr wenig, dagegen das durch fortwährende chemische Verwandtschaftsäusserungen sich herstellende Blei sehr viel betrage. Daß gleichwohl alles Blei nicht an das Zink, sondern an das schon früher hergestellte Blei sich ansetzt, hat ohne Zweifel keinen andern Grund, als daß jedes, auch durch Wirkung des Zinks, und also zunächst an demselben hergestellte Bleitheilchen dem Zuge des Pols, von welchem es angezogen wird, folgt. —

Was hier beispielsweise von dem Verhalten zweier sich berührender Metalle zu einer Auflösung des Bleies abgehandelt worden, gilt mehr oder weniger auch von andern Metallauflösungen. Das Gelingen einer Metallreduction durch ein einziges Paar heterogener Metalle ist übrigens, wie Fischer gezeigt hat, an gewisse Bedingungen geknüpft. S. dessen Abhdlg über die Wiederherstellung eines Metalls durch ein anderes ꝛc. in Gilb. ann. A. XII. 289.

Vergl. Sylvester's Bemerkungen und Versuche über das Niederschlagen der Metalle durch einander in

Gehl. J. I. 539.; auch in Gilb. A. XXV. 454. Grotthuß über den Einfluß der galvanischen E auf die Metallvegetationen eb. V. 118. Nicholson in Gilb. A. VIII. 314 Anm. Schweigger über die Frage, ob der chemische Proceß durch den elektrischen bedingt werde, in Gehl. J. VII. 155.

Wenn bei metallenen Geräthschaften, die der Feuchtigkeit oder wenigstens der feuchten Luft ausgesetzt werden müssen, zwei verschiedene Metalle, z. B. Eisen und Mössing oder Kupfer einander berühren, so findet man stets, daß das Eisen viel leichter, als für sich allein rostet; denn in solchem Falle wird das Wasser zerlegt, und das Eisen, welches den + Pol bildet, oxydirt sich auf dessen Kosten. — Daher gewähren die an die Schiffe mit eisernen Nägeln befestigten Kupferbeschläge keine Haltung. Daher rosten mit Silber gelöthete mössingene Geräthschaften an feuchter Luft weit leichter, als mit sogenanntem Schlagloth gelöthete: in jenem Falle nämlich berühren einander zwei verschiedene Metalle (das Mössing und das Silberloth); in diesem zwei gleichartige (denn das Schlagloth besteht aus denselben Bestandtheilen wie Mössing)

Aus den angeführten Erscheinungen ergiebt sich auch die für den practischen Chemiker nicht unwichtige Nutzanwendung, daß man mit einem Metalle, dessen schnelle Auflösung in einer Säure beabsichtigt wird, nur ein anderes, in obiger Reihe (§. 290) recht weit nach unten liegendes, in der Säure nicht auflösliches, Metall in Berührung zu bringen hat, um die Wirkung zu beschleunigen. Döbereiner in Schw. J. VI. 211.

Die Beförderung der Oxydation durch die Berührung verschiedener Metalle bemerkte schon Asch (v. Humboldt a. a. O. I. 472 und 474). Ritter Beob. über den Galvanismus in der unorganischen Natur und über den Zusammenhang der E mit der chemischen Qualität der Körper in Gilb. A. II. 80. und dessen Beitr. zur nähern Kenntniß des Galvanismus B. I. 111 ff. Fabroni über die chemische Wirkung der Metalle auf einander, bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre eb. IV.

Digitized by Google

428; vergl. auch Crell's chem. Ann. 1795. II. 503.; v. Arnim's Anmerkungen in Gilb. A. IV. 434. Ebend. (Verf. über die Wirkung der Kettenverbindung auf die Beschleunigung des chemischen Processes eb. V. 52 ff.) zeigte, daß die Wirkung der Berührung verschiedener Körper auf ihre Oxydation auch bei Nichtleitern, z. B. bei Berührung des Schwefels mit Eisen, statt finde. — Wollaston (Schw. J. II. 1.; auch in Gilb. n. A. VI. 3) fand, daß durch Berührung eines einzigen Plattenpaars eine chemische Zerlegung und ein Hindurchführen der zerlegten Bestandtheile durch eine thierische Blase erfolgen könne. — Eine ähnliche von mir beobachtete Erscheinung, welche aber nicht von einer Elektricitätserregung abzuhängen scheint, findet sich in Schw. und Mein. n. J. VI. 119. — Vergl. auch Porret d. J. in Gilb. nn. A. VI. 272. — Fischer (eb. n. A. XII. 92 u. 239) über die Zerlegung des Hornsilbers. Ebend. über vermehrte und beschleunigte Amalgamation durch galvanische Thätigkeit in Schw. J. XII. 223. Schweigger eb. 224.

Die von Bucholz (Gehl. n. J. III. 324 u. 423) beobachtete Erscheinung, eine Reduction des Zinns aus einer concentrirten, noch metallisches Zinn haltenden salzsauren Zinnauflösung, auf welche Wasser ohne Vermischung mit der Auflösung gegossen wurde, scheint ebenfalls abzuhängen von der Berührung der beiden verschiedenartigen Flüssigkeiten, wenigstens haben sie Ritter (eb. IV. 253 und Gehl. J. I. 424), Bucholz (Gehl. J. V. 127) u. a. m. für eine galvanische Wirkung (eine galvanische Kette aus zwei Flüssigkeiten und einem Metall §. 311.) gehalten. Allein Fischer (a. a. O. XII. 292) erinnert gegen diese Ansicht, daß die Herstellung des Metalls in diesem Falle nur dann von Statten gehe, wenn man dasselbe Metall anwendet, als das, welches aufgelöst ist, nicht aber, wenn man ein anderes Metall oder Kohle nimmt; daß ferner eine solche sogenannte Kette aus Zinnauflösung, Wasser und Zinn nicht die geringste Wirkung auf ein Froschpräparat ausübe, das doch für jede elektrische Spannung so äusserst empfindlich ist.

Hier verdient auch noch eine Erwähnung die von Gruner beobachtete merkwürdige Krystallisation des Silbers aus salpetersaurer Silberauflösung, die sich in einer Glasröhre zwischen zwei Silbernadeln befand. Gilb. A. VIII. 222. 492. Hierüber von Arnim eb. IX. 388. und Reinhold eb. X. 334 u. XI. 130.

Digitized by Google

§. 353.

Die von dem Contact heterogener Substanzen abhängigen Erscheinungen zeigen sich auch sehr auffallend, wenn mit Pflanzenpigmenten gefärbte Papiere mit einzelnen, od mit verschiedenen Metallen, welche paarweise mit einander verbunden sind, in Berührung kommen. Die Pigmente erleiden in diesen Fällen die schon oben (§. 334.) beschriebenen Farbenveränderungen, welche auf eine Zersetzung der geringen Mengen von Neutralsalz, die in den gefärbten Papieren enthalten sind, schließen lassen.

Jäger hat diese merkwürdigen Erscheinungen zuerst beobachtet (Bemerkungen über die Veränderungen, welche mehrere vegetabilische Reagentien erleiden, wenn sie mit einzelnen, oder mit verschiedenen, paarweise mit einander verbundenen Metallen in Berührung kommen in Gilb. A. XI. 288 ff.). Er fand, daß wenn mit Curcuma, Fernambuc, Lackmus gefärbte, und in reinem Wasser, oder verdünnter Salzsäure, oder verdünnter Kaliauflösung getränkte Papiere in Contact mit polirtem metallischen Zink kommen, sich auf der Fläche des Zinks eine Säure und ein Alkali, an verschiedenen neben und zwischen einander liegenden Stellen desselben bildet, und zwar die Säure wahrscheinlich da, wo das Zink oxydirt wird. Gold statt Zink angewandt, bringt auch nicht eine Spur einer solchen Farbenveränderung hervor. Diese Farbenveränderungen gehen aber noch bei weitem schneller vor sich, wenn zwei verschiedene Metalle (Zink und Gold) an irgend einer Stelle in metallischer Verbindung mit einander und zugleich an andern Stellen mit dem gefärbten und feuchten Papier in Berührung stehen, jedoch mit dem Unterschiede, daß die alkalische Färbung auf der Zinkfläche fast völlig wegfällt, während auf der vom Zink entfernten, unter dem Golde befindlichen Fläche beinahe alle saure Färbung verschwindet. Sind hingegen Zink und Gold zwar mit demselben feuchten Körper, aber nicht unter sich verbunden, so scheint keine Wirkung einzutreten, welche von der des einfachen Zinks verschieden wäre. Werden mehrere Paare verschiedener Metalle mit gefärbten feuchten Papieren in mannichfaltigen Combinationen geschichtet, so treten ähnliche Wirkungen ein. — Der Raum gestattet indeß nicht, von diesen im Einzelnen zu handeln,

Digitized by Google

weshalb auf die oben angeführte Abhandlung (S. 308) selbst verwiesen werden muß. Es ist übrigens hier noch zu bemerken, daß alles dasjenige, was von dem Gold und Zink angeführt worden, ebenfalls bei jedem Paar verschiedener Metalle statt findet; nur zeigen sich diese Erscheinungen bei jenen Metallen am stärksten, da sie fast die äussersten Glieder der Spannungsreihe der Metalle (§. 290.) bilden.

Vergl. auch Berzelius elektroscopische Versuche mit gefärbten Papieren eb. XXVII. 316.

§. 354.

Nicht bloß die chemischen Wirkungen (Mischungen und Scheidungen) zeigen sich bei einem einzigen Plattenpaar; auch kann unter gewissen Umständen ein Metall, welches den Contact zweier verschiedener Metalle vermittelt, bei fortdauernder Berührung bis zum Glühen erhitzt werden.

Wenn nämlich ein kupferner Ring von ohngefähr 1 Zoll Höhe und $\frac{2}{3}$ Zoll Durchmesser platt gedrückt wird, so daß die beiden breiteren Seitenwände eine Fläche von ohngefähr 1 Quadratzoll einnehmen, und nur etwa zwei Linien von einander entfernt stehen, und in diesem Zwischenraume eine etwas kleinere Zinkplatte durch Siegellack so befestigt wird, daß nirgends eine metallische Berührung zwischen dem Kupfer und Zink statt findet; wenn ferner diese beiden Metalle mittelst zweier mit einander parallel laufender Platindrähte, welche nur $\frac{1}{50}$ bis ein $\frac{1}{30}$ Zoll von einander entfernt, und an ihren entgegengesetzten Enden an den kupfernen Ring und an die Zinkplatte angelöthet sind, durch einen höchst feinen, zwischen jene beiden Drähte queer gespannten Platindraht (von nur $\frac{1}{3000}$ Zoll Durchmesser) in metallische Berührung gesetzt werden: so kommt dieser kurze, äusserst feine Platindraht zum, mehrere Secunden anhaltenden Glühen, sobald dieser kleine Apparat bis zu $\frac{3}{4}$ seiner Höhe in verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure getaucht wird. Beschreibung, wie Wollaston

durch einen einfachen Elektromotor Platindraht zum Glühen bringt in Gilb. n. A. XXIV. 1.

Wir erklären uns dieses Glühen des, das Zink und Kupfer verbindenden, Platindrahts auf folgende Weise. Nach §. 289. werden EE erregt, wenn zwei verschiedene Metalle auch nur in wenigen Puncten einander berühren. In dem vorliegenden Falle entladen sich aber die EE des Zinks und Kupfers in der mit beiden Metallen in Berührung stehenden Flüssigkeit, welche wegen ihres Säuregehaltes ein guter Leiter ist, durch Zerlegung des Wassers. Dadurch ist nun die Bedingung gegeben, daß zwischen den beiden Metallen eine beständig erneuerte Erregung der EE statt finden kann, und da die Vertheilung derselben in dem höchst feinen Platindraht erfolgt, der folglich den entgegengesetzten elektrischen Strömungen nur eine äusserst geringe Oberfläche darbietet, so treten ganz dieselben Wirkungen ein, welche wir an der Säule wahrnehmen, wenn dieselbe durch Drähte von ziemlicher Dicke sich entladet: es kommt nämlich der Draht zum Glühen. Dieses Glühen kann aber begreiflicher Weise nur so lange fortdauern, als die volle Wirksamkeit des Apparats anhält; denn so wie theils das in der Säure sich auflösende Zink an dem — Pol (Kupfer) sich niederschlägt, theils die Säure an dem + Pol (Zink) sich ansammelt, wird die Wirkung immer schwächer und hört endlich ganz auf.

Theorie der elektrischen Säulen.

§. 355.

Bei unsern Betrachtungen sind wir stillschweigend davon ausgegangen, daß Frictionselektricität und Contactelektricität identisch seyen. Dieß ist aber nicht die allgemeine Ansicht von der Sache; vielmehr hielten Einige die E der Säule für etwas von der Maschinenelektricität ganz Verschiedenes. Jetzt, nachdem wir mit den Wirkungen der aus diesen beiden Quellen entsprungenen EE vertraut geworden, sind wir im Stande, die Gründe, welche man für und wider ihre Identität aufgestellt hat, zu beleuchten.

Digitized by Google

Volta, (Gilb. A. VI. 343, eb. IX. 379 u. eb. X. 422.) der sich übrigens zur Franklinschen Hypothese (§. 257.) bekennt, suchte gleich anfangs zu zeigen, daß bei der Säule nichts anderes als die einfache gewöhnliche E wirke, indem alles auf das neue Gesetz der E hinauslaufe, daß verschiedene sich berührende Leiter, vorzüglich metallische, durch ihren gegenseitigen Contact auf das elektrische Fluidum wirken, es erregen und antreiben. Nach ihm sind die Wirkungen der Säule zu vergleichen ganz mit denen einer sehr großen elektrischen Batterie, von unendlicher Capacität (§. 266.), welche sehr schwach geladen ist, deren Ladung sich aber augenblicklich wieder herstellt, und die daher ununterbrochen wirkt. Zur Unterstützung dieser Ansicht führte er an, daß sich eine gewöhnliche elektrische Batterie durch seine Säule während augenblicklicher Berührung (§. 308.) gerade so stark laden lasse, als durch mehrere gute Funken eines Elektrophors (§. 280.), und daß alle elektroscopischen Phänomene vollkommen dieselben seyen, es mag die Batterie auf diese oder auf jene Weise geladen worden seyn. Für die Identität haben sich ferner erklärt: Ritter eb. IX. 438. Pfaff eb. IX. 492. u. X. 221 und 233. La Place, Monge und Berthollet nach Pfaff's Bericht eb. 261. Van Marum und Pfaff eb. X. 131. Heidemann eb. 53. und Erman eb. XI. 143.

Daß in der Leitungsfähigkeit der verdünnten Luft, der Knochen und der Flamme für Frictions- oder Contactelektricität, ein wesentlicher Unterschied statt finde, wie v. Humboldt (Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser ꝛc. Posen und Berlin 1797. 433) und Ritter (Voigt's Magaz.) II. 366; auch Gilb. A. IX. 335) gefunden zu haben glaubten, hat Erman (a. o. a. O. 149) und hinsichtlich des glühenden Glases, auch Pfaff (Gilb. A. VII. 250) widerlegt. Der hievon genommene Einwurf gegen die Identität der Contact- und Frictions-E ist also von selbst weggeräumt worden. Auch ein zweiter Einwurf, hergenommen von der so sehr verschiedenen Wirkung der Säule auf das Elektrometer und auf den thierischen Körper, indem sie nämlich in jener Wirkung ausserordentlich schwach ist, und doch sehr heftige Erschütterungen hervorbringt, läßt sich beseitigen, wenn man auf die ununterbrochene Wirksamkeit der

Digitized by Google

Säule Rücksicht nimmt. Volta (Gilb. A. XII. 502. ff.) geht davon aus, daß unsere Organe, wenn sie von irgend einem Agens merklich afficirt werden sollen, der Wirkung desselben eine Zeit lang ausgesetzt seyn müssen. Da sie nun durch die Säule in einem unaufhörlichen Strom afficirt werden, während die Wirkung einer elektrischen Batterie augenblicklich ist, so kann die Dauer der Entladung in der Säule das ersetzen, was ihrer Ladung an Spannung (§. 255.) abgeht. Vergl. Hauch in Scher. J. IX. 209 ff.

Einige Phänomene, welche auf eine Diversität zwischen Frictions- und Contactelektricität zu deuten scheinen, müssen hier noch berührt werden: erstens das unipolare Leitungsvermögen gewisser Körper, hinsichtlich der Contactelektricität (vergl. §. 263); zweitens die Zersetzung des Wassers durch Frictionselektricität (vergl. §. 323.). Was jene Erscheinungen betrifft, so wären zunächst die sogenannten unipolaren Leiter in ähnliche Verhältnisse zur Frictionselektricität zu versetzen, in welchen Erman ein so abweichendes Verhalten derselben zu den beiden Polen der Säule entdeckt hat, ehe hieraus etwas zu Gunsten der einen oder der andern Hypothese gefolgert werden könnte. Diese Untersuchungen würden übrigens wegen der eigenthümlichen ununterbrochenen Wirksamkeit der Säule, die sich in der Art nicht leicht durch Frictionselektricität nachahmen lassen möchte, ihre besonderen Schwierigkeiten haben. Hinsichtlich der Wasserzersetzung findet der Unterschied statt, daß solche stets an den beiden Polen der Säule zugleich, nie einseitig erfolgt, während ein elektrischer Strom von der Maschine, gleichviel ob er von dem positiven oder negativen Conductor ausgeht, für sich eine Zerlegung des Wassers bewirken kann, und selbst in dem Falle, wenn die entgegengesetzten EE durch zwei feine, einander zugewandte Spitzen in das Wasser strömen, jede derselben, nach Wollaston, zugleich Sauerstoff- und Wasserstoffgas, und nie, wie an der Säule, beide Gasarten getrennt geben. Diese abweichende Wirksamkeit möchte indeß ihren Grund in der größern Intensität der Frictionselektricität haben, welche den elektrischen Gegensatz in dem Wasser selbst hervorzurufen vermag. Gegen Wollaston s. Davy in Gehl. J. V. 32. Anm.

Digitized by Google

§. 356.

Ueber die Ursachen der elektrischen Ladung der Säule sind von den Physikern dreierley verschiedene Theorien aufgestellt worden. Nach der einen, welche man im engern Sinne die Volta'sche nennen kann, ist die Berührung je zweier verschiedenartiger Metalle die Ursache der Elektricitäts-Entwicklung, und der chemische Proceß, welcher sich offenbart in der Säule durch Zerlegung der feuchten Leiter, so wie gewöhnlich durch die Oxydation der Zinkplatten, ausserhalb der Säule durch alle die in den §§. 329. ff. beschriebenen Zerlegungen, ist eine Wirkung des elektrischen Processes auf gleiche Art, wie auch die Frictionselektricität alle dieselben chemischen Processe hervorzubringen im Stande ist (§. 322. ff.) *). Nach der zweiten Theorie ist dagegen der elektrische Proceß nicht der ursprüngliche, sondern der abgeleitete, und es ist der chemische Proceß, welcher die E erregt **). Die dritte Theorie verbindet die beiden angeführten, indem sie entweder einen eigenen chemischen Proceß neben dem elektrischen annimmt, und beide neben einander und hinsichtlich ihrer Entstehung als unabhängig von einander, für gleichmäßig zusammenwirkend zur Unterhaltung und steten Wiedererneuerung der elektrisch-chemischen Thätigkeit der Säule erklärt ***); oder indem sie zwar den elektrisch-chemischen Proceß als den ursprünglichen, und in seinem ersten Entstehen als unabhängig vom chemischen Proceß annimmt, letzterem aber, obgleich eine Folge von jenem, die Continuität der Wirkung, den sogenannten elektrischen Strom zuschreibt, so daß sich also beide Processe immerwährend wechselseitig wieder hervorrufen. †)

*) Indem Volta von der, durch den Contact zweier verschiedenartiger Metalle bewirkten, Elektricitätserregung (§. 288.) ausgeht, und den feuchten Körper bloß als einen gleichgültigen Zwischenleiter ansieht, der nur durch sein besseres oder schlechteres Leitungsvermögen in Betracht kommt, verkennt er keineswegs, daß auch durch den Contact des feuchten Leiters mit Metallen, E er-

regt werde. Dieß erfolgt aber, besonders wenn die feuchten Körper mehr oder weniger wässerig sind, in einem viel schwächeren Grade als zwischen zwei heterogenen, selbst ungünstig mit einander wirkenden Metallen; concentrirte Säuren, Alkalien, Schwefelleber ꝛc. machen jedoch hievon eine Ausnahme, da diese in Berührung mit den Metallen eine sehr merkliche Erregung bewirken. Volta's Theorie beruht auf dem einzigen Postulate, daß die feuchten Leiter nicht unter dasselbe Spannungsgesetz fallen, nach welchem sich die Metalle in eine große Spannungsreihe ordnen. Gilb. A. X. 223. ff. 432 ff. Vergl. Erman's Versuch einer physischen Theorie der Volta'schen Säule, (eb. XI. 89.) der gemäß die feuchten Leiter durch Vertheilung der E wirken sollen. — Schweigger's Versuche mit einem Elektromotor eigenthümlicher Art, welche gegen die Theorie Volta's zu streiten scheinen eb. XXII. 407 u. XXIII. 114; vergl. auch: Galvanische Combinationen zur Vervollkommnerung der Theorie des Galvanismus; Auszug aus Briefen Ritter's und Schweigger's, mit Anmerkungen und Zusätzen des Letztern in Gehl. J. VII. 537 ff. IX. 316 ff. und 701 ff.

**) Dieser Theorie, (Oxydationstheorie) welcher mit verschiedenen Modificationen Haldane, Ritter, v. Arnim, Parrot, Wollaston, Davy, Berzelius u. s. w. zugethan waren, (Gilb. A. VII. 212. VIII. 20. 192. IX. 253. XI. 104. 134. XII. 49. 353. XXI. 193 ff. und Gehl. J. I. 398 und III. 177) unter denen aber die beiden letzteren (Davy und Berzelius) späterhin zur Volta'schen Theorie übertraten, (s. letzte Anm. Berzelius's in Schw. J. VI. 136 und in Gilb. n. A. V. 269) läßt sich folgendes entgegensetzen. Spannung, Schläge, Funken nehmen nicht in dem Grade zu, in welchem die Oxydation schneller erfolgt (van Marum und Pfaff in Gilb. A. X. 151; auch Reinhold eb. 345; vergl. auch Volta eb. XII. 518.). Biot bewies durch sorgfältige Versuche, daß die E, welche durch die chemische Wirkung entwickelt wird, nur einen sehr geringen Theil (noch nicht den zwanzigmillionsten Theil) der ganzen E der Säule betragen könne. Welchen Antheil hat in Volta's Säule die Oxydirung an der Erzeugung der E? untersucht von

Biot eb. XVIII. 129. — Folgende Anordnung eines Volta'schen Becherapparats setzt es ausser allen Zweifel, daß nicht die Oxydation, sondern der Contact der Metalle die Ursache der Elektricitätsentwicklung sey. Gießt man nämlich auf den Boden eines jeden Bechers Aetzlauge, auf diese Salpetersäure mit der Vorsicht, daß sich beide Flüssigkeiten nicht mit einander mischen, und senkt nun das Zink bis in die Aetzlauge, das Kupfer aber bloß in die Säure, so wird letzteres nach und nach oxydirt und aufgelöst, während jenes vom Alkali nicht angegriffen wird. Wäre nun die Oxydation die Ursache der Elektricitätserregung, so würde bei Entladung der Säule der Kupferpol +E, der Zinkpol —E zeigen. Läßt man aber die Säule sich wirklich entladen, so hört die Oxydation des Kupfers in der Säure augenblicklich auf, das Zink oxydirt sich im Alkali, und der Zinkpol wird, wie gewöhnlich + elektrisch. Berzelius a. a. O.

***) Jäger's Theorie. Zunächst waren es die merkwürdigen Versuche mit gefärbten Papieren (§. 353.) welche Jäger zu erklären suchte, und welche ihn auf eine, von der Volta'schen etwas abweichende Theorie leiteten. Die Farbenveränderungen der mit vegetabilischen Pigmenten gefärbten und angefeuchteten Papiere durch den bloßen Contact mit einer Zinkplatte deutet auf eine Elektricitätserregung zwischen den einzelnen Metallen und den sie berührenden feuchten Leitern in der Säule. Indem hiernach dem feuchten Leiter in der Säule ein höherer Werth, als der eines bloß gleichgültigen Zwischenleiters (nach Volta) beigelegt werden mußte, kam es darauf an, die Wirkungen der Säule aus dem wechselseitigen Einflusse zu erklären, den die elektrische Polarität, welche das Zink im Contacte mit dem anderen Metalle entwickelt, auf die chemisch-elektrische Polarität äussert, welche das Zink im Contacte mit einem feuchten Körper zeigt. Dieß ist der allgemeine Gesichtspunct, von welchem aus Jäger's Theorie betrachtet werden muß. Man s. hierüber Jäger in Gilb. A. XI. 316., XIII. 421., und über einige Schwierigkeiten in Volta's Theorie der elektrischen Säule und was diese Theorie noch zu leisten hat; ebend. XXIII. 59 ff. Vergl. ferner die Anmerk. zu dem folgenden §.

Digitized by Google

†) Davy über die Art, wie die Volta'sche Säule wirkt, und Versuche, welche darüber Aufschluß geben; in Gehl. J. V. 47.; auch in Gilb. A. XXVIII. 181.

§. 357.

Volta's Theorie schien eine neue Bestätigung zu erlangen durch die Erfindung der sogenannten trockenen Säulen (§. 309.) für welche dieselben von Mehreren, nach sorgfältig angestellten Versuchen, gehalten wurden *). Allein, Einige von denen, welche dem feuchten Leiter in der gewöhnlichen Volta'schen Säule eine höhere Rolle zuschrieben, als ihm nach der Theorie ihres Erfinders zugetheilt wird, suchten den Beweis zu führen, daß die für trockene Körper gehaltenen Zwischenleiter hygroscopisch seyen, und daß daher auch in, auf solche Art construirten Säulen ein Minimum von Feuchtigkeit die Wirksamkeit bedinge **).

*) Behrens, Jäger (s. §. 309. Anm.) und Maréchaux (Gilb. A. XXII. 313) glaubten durch die Wahl ihrer zu Zwischenkörpern angewandten Stoffe den Beweis geführt zu haben, daß Feuchtigkeit durchaus nicht zu den Bedingungen gehöre, unter welchen diese Säulen wirksam sind. — Jäger, der überhaupt diesem Gegenstande seine besondere Aufmerksamkeit widmete, (Untersuchungen zur Begründung einer Theorie der trockenen Volta'schen Säule in Gilb. n. A. XXII. 81 ff. vergl. auch eb XIX. 55 ff.) bewies überdieß durch Versuche: daß es elektrisch wirksame Säulen giebt, deren einzelne Elektromotore durch Stoffe von einander getrennt sind, welche keine E (bei einem, gewisse Grenzen nicht überschreitenden Verhältnisse der Intensität) in Einer Richtung durch sich hindurch lassen; dagegen aber die Eigenschaft besitzen, wenn der einen ihrer Flächen + oder — E zugeführt wird, erstens an der andern gegenüber stehenden, einen vollkommnen Leiter berührenden Oberfläche, durch Atmosphären-Wirkung (§. 273.) die entgegengesetzte E hervorzurufen, und zweitens von diesen beiderlei EE in entgegengesetzten Richtungen so durchdrungen zu werden, daß sich beide in ihnen begegnen, und in ihrem Innern mit einander zur Indifferenz

(§. 257.) ausgleichen. Diese Function der Zwischenkörper dehnt aber Jäger auch auf die nassen Säulen aus, indem er sie für das allgemeine Princip aller elektrischen Säulenwirkung überhaupt hält, und demnach auch diese Säulen als ein System von Condensatoren ansieht, deren heterogene Platten sich laden durch Erregung mit entgegengesetzten EE, welche sodann in den zwischen jenen Platten liegenden feuchten Zwischenkörpern gebunden werden. Hinsichtlich der elektrischen Wirkungen findet auch bis jetzt kein anderer factischer Unterschied zwischen nassen und trocknen Säulen statt, als der, welcher aus der verschiedenen Geschwindigkeit des Ladens entspringt, und welcher so groß ist, daß wenn eine nasse Säule eine Flasche in einem nicht mehr zu messenden Momente ladet (§. 308.), hiezu bei einer trocknen Säule von gleich vielen und gleich großen Plattenpaaren, Stunden erfordert werden können; und daß, wenn die nasse Säule durch diese Mittheilung gar nichts zu verlieren scheint, die trockne hingegen ganz erschöpft wird, und sich nur sehr langsam wieder ladet. — Schon früher hat Jäger (Gilb. A. XIII. 432) gezeigt, daß eine nasse Säule zur trocknen wird, wenn man den nassen Zwischenkörper durch Goldstücke in zwei Schichten theilt, daß aber eine eben so angewandte Zinkplatte gar keine Verlangsamerung der Elektricitäts-Entwicklung bewirket. Aus diesem Umstande glaubt er auf einen chemischen Proceß schließen zu können, welcher zwischen der Feuchtigkeit und den Metallen entstehend, auf die Geschwindigkeit der Entwicklung der EE irgend einen bedeutenden Einfluß hat. (Vergl. §. 353. und den vorhergehenden §.). Gegen Jäger s. Pfaff über die sogenannten trocknen galvanischen Säulen in Gilb. n. A. XXII. 108.

**) Erman gegen Maréchaux in Gilb. A. XXII. 319, und über die Periodicität des Galvanismus eb. XXV. 1. 7. 13. 16. Nach ihm rührt der jedesmalige Grad von Spannung, den eine solche Säule zeigt, lediglich von der Feuchtigkeit her, welche dem Papiere anhängt, und welche durch den steten Wechsel sowohl der Temperatur, als der Menge der im umgebenden Raume vorhandenen oder niedergeschlagenen Wasserdünste bedingt ist. — Schweigger in s. Journ. XV. 132. Schübler eb. XVI. 111. Bohnenberger eb. n. A. XXIII. 353; gleichwohl komme

Digitized by Google

dieser Physiker keine Oxydation der Metallplätten in den Säulen bemerken. Parrot über die Zamboni'sche Säule eb. XXV. 165 ff. Zamboni eb. XXX. 153.

§. 358.

Zum Schlusse dieser theoretischen Betrachtungen gedenken wir mit einigen Worten der von den Chemikern aufgestellten Hypothesen, zur Erklärung des abgesonderten Auftretens der Bestandtheile des Wassers (§. 331.) und anderer zusammengesetzter Körper (§. 336 ff.).

Die Erklärungsarten des abgesonderten Auftretens der Bestandtheile des Wassers modificiren sich nach der Hypothese von der elektrischen Materie (§. 257.). Nach der Franklinschen nimmt man an, die am + Pol ausströmende elektrische Materie habe große Verwandtschaft zum Wasserstoff des Wassers, verbinde sich damit, lasse ihn aber beim Eintritte in den — Pol wieder fahren, während der Sauerstoff des zerlegten Wassers am + Pole erscheint. Fourcroy in Gilb. A. IX. 266. Erdmann eb. XI. 218. Bostock eb. XII. 477. — Gemäß der Symmerschen Hypothese geht an jedem Drahte eine Wasserzersetzung vor, am + Pol wird aber nur der Sauerstoff, am — Pol der Wasserstoff frei, indeß an jenem überhydrogenirtes, an diesem überoxygenirtes Wasser zurückbleibt. Monge in Magas. enc. I. 375. Simon in Gilb. A. VIII. 32. Parrot eb. XII. 58. — Jeder der beiden Bestandtheile des Wassers wird von dem einen Pol angezogen, von dem andern abgestoßen, und im Mittelpuncte des die beiden Wasserquantitäten verbindenden flüssigen Bogens entsteht eine neue Verbindung unter den, von beiden Polen abgestoßenen, Bestandtheilen des Wassers, indem entweder eine Reihe von Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen von einem Pol zum andern (ein wechselseitiger Austausch der Elemente) statt findet, oder indem blos die Theilchen der äussersten Puncte allein zerlegt werden. Grotthuß phys. chem. Forsch. I. 121. Davy in Gilb. A. XXVIII. 41., auch in Gehl. J. V. 31. Prechtl in Gilb. n. A. V. 70.

Digitized by Google

Um das abgesonderte Auftreten der Bestandtheile des Wassers recht anschaulich zu machen, wollen wir in nachfolgenden Figuren durch die großen Buchstaben die Sauerstoff-, durch die kleinen die Wasserstoff-Atome des zwischen den beiden Polardrähten der Säule liegenden Wassers, gleichviel ob in einem oder in zwei, durch Wasser, z. B. durch eine feuchte Faser (§. 332.) communicirenden Gefäßen enthalten, bezeichnen. Ehe die Säule in Wirksamkeit tritt, sind die Bestandtheile des Wassers geordnet, wie in der ersten Figur; so wie sie aber wirkt, stößt der + Pol den Wasserstoff ab und zieht den Sauerstoff an, und daher werden sich die Wasserstoffatome nach dem — Pole, und die Sauerstoffatome nach dem + Pole hinbewegen, wodurch sie sich ordnen, wie die zweite Figur darstellt.

+ Pol							— Pol
	A	B	C	D	E	F	
	a	b	c	d	e	f	

+ Pol							— Pol
	A	B	C	D	E	F	
		a	b	c	d	e	f

Diesem gemäß kann der Sauer- und Wasserstoff nicht eher als an dem entsprechenden Pole frei werden, und das zwischen beiden Polen befindliche Wasser wird stets unzerlegt bleiben. Es ergiebt sich übrigens von selbst, daß die Erklärung dieselbe bleiben müsse, wenn die großen Buchstaben Sauerstoff- und Säure-Atome, und die kleinen die Atome eines Metalls oder einer Basis vorstellen. Aber selbst auf die oben (§. 343. ff.) beschriebenen Zerlegungen, wo in dem einen Gefäß eine Salzlösung, in dem andern Wasser, welche beide durch Wasser verbunden sind, enthalten ist, läßt sich aus vorstehender Darstellung eine Anwendung zur Erklärung machen. Denn erwägt man, daß wegen der unmittelbaren Berührung der beiden Flüssigkeiten (abgesehen von der Wirkung der Säule selbst) stets eine, wenn auch nur theilweise, Vermischung derselben nach und nach eintreten werde, so finden ganz dieselben Bedingungen wie oben statt; will man hingegen, jedoch mit weniger Wahrscheinlichkeit, annehmen, daß in irgend einem Puncte des, die beiden Gefäße verbindenden, flüssigen Leiters eine absolute Abgrenzung beider Flüssigkeiten statt finde, so könnte

Digitized by Google

freilich nur bis dahin eine Verschiebung der kleinsten Theile der in dem Wasser gelösten Stoffe, wie sie oben dargestellt worden, sich erstrecken, und von da aus müßte eine eigentliche Wanderung der Bestandtheile derselben nach dem entsprechenden Pole angenommen werden.

* * *

§. 359.

Längere Zeit vorher, ehe die chemischen Wirkungen der Contactelektricität der Gegenstand der allgemeinen Bewunderung geworden waren, wußte man schon, daß thierische Organe eine besondere Reizung erleiden, wenn sie in Contact mit verschiedenartigen, sich berührenden Metallen kommen. Das System aller dieser Erscheinungen begriff man unter dem Namen Galvanismus im engern Sinn.

Aloysius Galvani bemerkte im Jahr 1791, daß die Muskeln eines zergliederten Frosches zuckten, als zufällig in dessen Nähe ein Funke aus einer Elektrisirmaschine gezogen wurde. Diese unerwartete und ungewöhnliche Empfindlichkeit der Nerven eines todten Frosches für E, wollte er als Elektroscop (§. 258.) für atmosphärische E benutzen. Indem er hierüber Versuche anstellte, bemerkte er ganz zufällig, daß ein zerschnittener und mit einem Hacken zum Aufhängen versehener Frosch Zuckungen bekam, als er auf ein Gefäß von verzinntem Eisenblech gelegt wurde, und daß diese Zuckungen sich allemal wiederholten, so oft der Hacken das Blech, nachdem der Frosch von demselben aufgehoben worden war, wieder berührte.

Galvani mittelte bald nachher aus, daß diese auffallenden Wirkungen von der Berührung verschiedenartiger Metalle abhängig seyen. Ihm zu Ehren nannte man das diese Erscheinungen hervorrufende Agens, Galvanismus, und bezeichnete durch einfache Galvanische Kette eine Anordnung aus zwei Leitern der ersten Classe und einem der zweiten, oder umgekehrt aus zwei Leitern der zweiten und einem der ersten Classe. Die Volta'sche Säule ist diesemnach eine bloße Vervielfältigung der einfachen galvanischen Kette. Abgesehen davon, daß die Benennungen: Galvanische Batterie, Galvanische Säule

Digitized by Google

eine Ungerechtigkeit gegen Volta ausdrücken, indem die Verdienste Galvani's um diesen Gegenstand in gar keinen Vergleich kommen mit denen Volta's: so ist es ausserdem, wie aus §. 355. erhellet, gar nicht einmal nöthig, einen besondern Namen für die von der Berührung verschiedenartiger Körper abhängigen Erscheinungen zu erwählen, da die Elektricität sie hervorruft; die Benennung Contactelektricität scheint demnach, da sie die Quelle dieser Elektricitätserregung andeutet, die am besten gewählte zu seyn.

Aloysii Galvani (de viribus electricitatis in motu musculari commentarius in Comm. Bonon. VII. Recus. cum Jo. Aldini dissertatione et notis. Accesserunt epistolae ad animalis electricitatis theoriam pertinentes. Bonon. 1792. 4:) Vergl. Simon's Gedrängte Uebersicht der galvanischen Erscheinungen von ihrer Entstehung an, in Scher. J. VI. 3.

Verhältniß der Elektricitäten zum Licht und zur Wärme.

§. 360.

Licht, Wärme und die beiden E E stehen zu einander in einem, wie Berzelius richtig bemerkt, Identitätsverhältniß, welches wir wohl deutlich sehen, ohne es jedoch richtig begreifen zu können. Wo der eine von diesen unwägbaren Stoffen ist, da offenbaren sich auch zuweilen die andern, ohne daß wir sagen können, woher sie kommen.

Schw. J. VI. 122.

§. 361.

Von dem nahen Verhältnisse, in welchem Licht und Wärme zu einander stehen, ist schon oben (§. 179.) die Rede gewesen; hier haben wir noch die Erscheinungen kennen zu lernen, in welchen diese beiden unwägbaren Stoffe entweder Ursache oder Wirkung einer Elektricitätsäusserung sind.

Digitized by Google

Nachträglich ist hier noch zu bemerken, daß die merkwürdigen Farbenveränderungen, welche manche Körper, wie die salpetrige Säure, das Zinkoxyd und verschiedene andere Metalloxyde, bei Aenderung der Temperatur erleiden, ebenfalls auf ein nahes Verhältniß des Lichts zur Wärme deuten.

§. 362.

Schon an mehreren Orten (§. 305. §. 310. Anm.) sind wir auf den wichtigen Einfluß der Temperatur auf Elektricitätsäusserungen der die E erregenden Apparate gestoßen *). Am auffallendsten zeigt sich dieser Einfluß in der durch Temperaturänderung hervorgebrachten Elektricitätserregung mehrerer Körper.

*) Dessaignes (Schw. J. IX. 111. ff.) schließt sogar aus seinen Versuchen, daß die wahre Quelle der E, sie mag durch Reiben oder durch Berührung erweckt werden, die Wärme sey.

§. 363.

Es haben nämlich gewisse krystallisirte Körper des Mineralreichs, wie verschiedene Arten des Turmalins, der Topas, der Zinkspath oder krystallisirte Galmei, der Mesotyp, der Boracit, der Prehnit, der Axinit und Sphen die Eigenschaft, daß sie durch Erwärmen, und so lange die Erwärmung dauert, elektrisch werden, den elektrischen Zustand aber wieder verlieren, wenn die Temperatur auf einen gewissen Stand kommt, ihn dagegen abermals annehmen, wenn der Körper sich wieder abkühlt. Hiebei häufen sich die beiden E E in zwei entgegengesetzten Puncten des Krystalls, die an dessen Endspitzen liegen, so daß die elektrische Axe mit der Krystallaxe (§. 116.) zusammenfällt, welches selbst dann der Fall ist, wenn diese Axe kleiner ist, als der Durchmesser des Queerschnitts. Wir nennen diese beiden entgegengesetzt elektrischen Puncte die elektrischen Pole, und hiebei zeigt sich, daß der Punct, welcher durch Erwärmung + elektrisch

Digitized by Google

wird, beim Abkühlen zum — Pole wird. Auch andere Körper, z. B. ein mit einem isolirenden Handgriffe versehener Stahldraht, zeigen Elektricitätserregung, mittelst eines Condensators (§. 280.), wenn das eine Ende desselben erhitzt wird.

Recueil des différens mémoires sur la Tourmaline, publié par Aepinus. Petersb. 1762. 8. Wilke Gesch. des Turmalins in den schwed. Abhandl. der deutsch. Uebers. XXVIII. 95. XXX. 1. und 105. Bergman in dessen Opusc. phys. et chem. V. 402. Hauy Beobachtungen über die E der metallischen Substanzen, in Gilb. A. XVII. 441. Ebend. Abhandl. üb. die E der Mineralkörper in Schw. J. XXV. 135. (wo besonders auch (S. 137) von dem Zusammenhange zwischen den Phänomenen des Lichts und der Elektricität die Rede ist. Vergl. auch Davy eb. XII. 214.) — Jäger Vers. einer Vergleichung des Turmalins mit den trocknen elektrischen Säulen in Gilb. n. A. XXV. 369. Die Stärke eines solchen natürlichen Apparats ist in Vergleichung mit unsern künstlichen Apparaten, den Säulen, wahrhaft Erstaunen erregend. Jäger hat mit geschliffenen Turmalinen von kaum 2 par. Linien Axenlänge das Volta'sche Elektrometer zu einer Divergenz von 60° gebracht, während mit einer mehr als 1 Fuß langen, etwa 4000 Papier-Plattenpaare haltenden Säule kaum eine Divergenz von 40° in diesem Elektrometer hervorgerufen werden kann.

Breithaupt (Gilb. nn. A. IV. 424.) hat eine besondere Beziehung der elektrischen Pole des Schörls zu seiner Durchsichtigkeit entdeckt, indem durchsichtige Platten mit den gleichnamigen Enden auf einander gelegt, ihre Durchsichtigkeit behalten, sie hingegen beim Aufeinanderlegen der ungleichnamigen Enden verlieren.

§. 364.

Auch die Aehnlichkeit in der Erregung der E E, der Phosphorescenz, und der Wärme durch Reiben und durch Druck zeigt eine nahe Beziehung zwischen jenen und diesen. Unter welchen Bedingungen durch Reiben und durch Druck

Digitized by Google

Posphorescenz und Wärme erregt wird, davon ist oben (§. 174. u. 217.) die Rede gewesen; hier wollen wir auf die verschiedenen Bedingungen aufmerksam machen, unter welchen entweder Elektricität oder Licht oder Wärme durch Reiben und durch Druck zum Vorschein kommt.

Damit durch Reiben E in einem merklichen Grade erregt werde, (denn von den schwachen Spuren einer blos durch Condensatoren wahrnehmbaren Elektricitätserregung, welche wahrscheinlich stets beim Reiben überhaupt statt findet, ist hier nicht die Rede), so müssen die geriebenen Körper heterogene Substanzen seyn, deren Oberflächen nicht gleich polirt sind: die rauhere und unebenere Fläche ist dann immer negativ. Die beiden geriebenen Körper müssen gerade nicht Isolatoren seyn; denn das Queckſilber ist ein vortreffliches Reibungsmittel für Glas. Phosphorescenz hingegen wird nach §. 217. dritte Anm. auch beim Reiben gleichartiger Substanzen erregt: die Politur der Oberflächen, statt vortheilhaft zu seyn, ist vielmehr dem Leuchten hinderlich. Ein Diamant auf der ebenen Fläche einer Feile gerieben, wurde dadurch nicht leuchtend, aber elektrisch. Um zwei verschiedene, wohl polirte Oberflächen elektrisch zu machen, reicht es hin, sie blos an einander zu drücken; aber man erhält auf diese Weise, selbst beim stärksten Druck, kein Leuchten. Nur idioelektrische Körper werden an den beiden Bruchflächen elektrisch (Heinrich's Trennungselektricität), und auch dann nur, wenn rasch gebrochen wird, (obgleich schon Wilson (Gilb. A. XVII. 210.) auch Zeichen entgegengesetzter E E bemerkte, wenn er trocknes und erwärmtes Holz schnell spaltete, vgl. Becquerel a. u. a. O. 125.) Dagegen erhält man stets phosphorisches Licht, man mag schnell oder langsam brechen, die Körper mögen Nicht- oder Halbleiter seyn, wenn sie nur sonst leicht phosphoresciren. Der bloße Stoß ohne Reiben bewirkt immer Phosphorescenz, ohne darum auch E zu erregen. Ein Diamant an eine Feile geschlagen, leuchtet jedesmal, ohne elektrisch zu werden. Beim Leuchten der Gasarten durch Verdichtung (§. 174. S. 114) zeigt sich keine E. Wärme entsteht jedesmal in einem Körper, wenn man seine Dichtigkeit vermehren kann (§. 246.). Schlägt man ein Stück Quarz gegen den Rücken einer Feile, oder reibt man letztere stark mit der Spitze von jenem, so

Digitized by Google

entsteht dadurch keine Phosphorescenz, aber wohl Wärme. Eine Glasröhre erhält eine hohe Temperatur, wenn man sie lange mit einem wollenen Tuche reibt, aber sie wird dadurch nicht leuchtend, dagegen phosphorescirt sie nach dem ersten Strich mit einer zweiten rauhen oder matten Glasröhre. Dessaignes in Schw. S. VIII. 86. und Heinrich Phosphorescenz ꝛc. 536 ff. Manche krystallisirte Mineralien werden schon durch sanften Druck zwischen Fingern elektrisch. Dieselben Mineralien leuchten durch Spalten, Hauy üb. d. E der Mineralien durch Hülfe der Pressung in Schw. J. XX. 383. Ueb. die Elektricitätserregung durch Druck nach Versuchen Becquerel's in Gilb. nn. A. XIII. 117 ff. Die stete Berührung beim Reiben zweier Körper bringt die stärkste Wärme hervor, die unterbrochene Berührung die stärkste E.; von Arnim in Gilb. A. VI. 44. Die Erregung der E im luftverdünnten Raume ist nach van Marum (Abhandl. üb. das Elektrisiren, Gotha 1777. 57) sehr schwach; dagegen die Wärmeentwicklung nach §. 247. stark.

§. 365.

Das nahe Verhältniß zwischen Elektricität und Wärme zeigt sich auch darin, daß Nichtleiter der E durch Erhöhung der Temperatur häufig Leiter werden und umgekehrt. Vergl. §. 262. Anm.

§. 366.

Licht und Wärme zeigen sich stets als eine Folge der Vereinigung der beiden E E (s. oben §. 175. u. §. 267.); nie aber an einem Leiter, wenn auch eine große Menge E in ihn einströmt. Bei Entladung sehr kräftiger Volta'scher Säulen durch Platinspitzen zeigt sich eine Feuererscheinung, welche alle anderen tellurischen so weit an Intensität übertrifft, daß selbst das in unseren stärksten Feuerheerden unschmelzbare Metall (Platin) zusammengelöthet wird. Hiebei müssen wir uns die Frage aufwerfen: sind Licht und Wärme Bestandtheile der E E; oder sind sie Producte aus

der Vereinigung der beiden entgegengesetzten E E; oder wirken die E E gleichsam nur als Ausscheidungsmittel des Lichts und der Wärme aus den wägbaren Stoffen, in welchen die Entladung erfolgt. (Vergl. S. 92 u. §. 230.)

Van Marum (Versuche zum Erweise, daß in dem elektrischen Fluidum Wärmestoff zugegen ist; in Gren's n. J. III. 1 ff. und Gilb. A. I. 217.) schloß aus dem Steigen eines Thermometers, welches dem elektrischen Strome einer Elektrisirmaschine im luftvollen wie im luftverdünnten Raume ausgesetzt wurde, so wie aus der Ausscheidung gasförmiger Bestandtheile aus verschiedenen tropfbaren Flüssigkeiten in der Torricellischen Leere (eine nur von dem Wärmestoff abhängige Wirkung), daß im elektrischen Fluidum Wärmestoff enthalten sey. Zugleich fand er, daß um so mehr Wärmestoff entwickelt werde, je schlechter der Leiter ist, durch welchen die Entladung erfolgt, und je geringer dessen Capacität ist, im Verhältnisse zur Menge der E. Vergl. Adams und Kinnersley (Adams essay on electricity. Lond. 1785. 384.) Gardini (üb. das elektr. Feuer, Dresden 1793. 62.) und Dize (Gilb. A. IV. 410.) — Berthollet üb. die Verschiedenheit in den Wirkungen der E und der Hitze, eb. XX. 334. Prechtl dagegen eb. XXIII. 474. Bunzen (eb. XXV. 152.) beobachtete auch bei der Entladung einer kräftigen Säule von 1500 Plattenpaaren im Wasser eine bedeutende Temperaturerhöhung. Davy (Gehl. J. V. 50.) brachte unter ähnlichen Umständen Wasser zum Sieden. Vergl. Simon in Gilb. A. X. Parrot eb. XXI. 232. Biot (eb. XX. 104. auch Gehl. J. V. 95.) hält die Feuererscheinung des elektrischen Funkens für eine Folge der durch die ungeheure Geschwindigkeit, womit er durch Körper hindurch geht, bewirkten Compression in den kleinsten Theilen der letzteren, also zunächst der Luft. Allein dagegen ist zu erinnern, daß eine Erklärung des elektrischen Funkens nicht blos auf die Erscheinungen in der Luft, sondern auch auf die im luftleeren Raume, in Flüssigkeiten und in festen Körpern anwendbar seyn müsse. Es wäre aber schwer zu begreifen, wie in der vorhin angeführten Erhitzung des Wassers mittelst der Säule ein Zusammenpressen Statt finden, oder wel-

Digitized by Google

ches der Körper seyn könne, der durch Zusammendrücken den nöthigen Wärmestoff hergäbe.

Hier reihen sich auch Davy's Untersuchungen: über die elektrischen Erscheinungen im luftleeren Raume (Gilb. nn. A. XII. 357. s. auch Schw. u. Mein. nn. J. V. 495.) an, welche über die Natur des elektrischen Funkens einiges Licht verbreiten. Dieser Chemiker fand stets die vollkommene Leere des Barometers für die E E durchgänglich, indem diese Leere sowohl durch den einfachen elektrischen Funken, als durch Entladung einer Flasche leuchtend wurde. Die Stärke dieser Erscheinungen hing aber von der Temperatur ab: war die Barometerröhre sehr heiß, so zeigte sich das elektrische Licht in dem Quecksilberdunste mit lebhafter und sehr intensiver grüner Farbe; in dem Grade aber, als die Temperatur abnahm, verlor die Farbe an Lebhaftigkeit, und in einer künstlichen Kälte von $-29°$ war das Licht sehr schwach; ohne Zweifel wegen der größern Dichtigkeit des Quecksilberdunstes, womit stets die Torricellische Leere über Quecksilber erfüllt ist, in höherer Temperatur. Der leere Raum über geschmolzenem Zinn (obgleich ebenfalls noch mit Dünsten des Metalles angefüllt) zeigte dieselben elektrischen Erscheinungen, als die über Quecksilber gebildete Leere, in Temperaturen unter $-18°$. Davy ist geneigt, die leuchtenden Erscheinungen in dem leeren Raume den von der Oberfläche der Körper, durch Wirkung der E E losgerissenen Theilchen, deren entgegengesetzte elektrische Zustände sich wechselseitig zerstören, zuzuschreiben.

§. 367.

Wenn demnach die Wirkung der E E auf Körper in der Art erfolgt, daß eine Feuererscheinung damit verbunden ist, so ist bei solchen Wirkungen wohl zu unterscheiden, was von den E E als solchen, und was von dem entwickelten Licht und Wärmestoff abhängig ist.

§. 368.

Die E E wirken, indem sie Phosphorescenz der Lichtträger hervorrufen, nur als Licht; daher denn auch lichtlose E E keinen derselben zum Phosphoresciren bringen.

Digitized by Google

Daß die durch elektrisches Licht hervorgerufene Phosphorescenz im Ganzen mit der durch Sonnen- und Tageslicht bewirkten übereinkomme, wurde bereits oben (§. 162. Anm.) berührt; hier genüge nur noch die Bemerkung, daß das ausströmende Licht in den ersten Zeitsecunden, nach Verschiedenheit der Substanzen, verschieden gefärbt ist, zuletzt aber stets zu dem gewöhnlichen mattweißen zurückkehrt. Heinrich in Schw. J. XXIX. 119. und 462.

§. 369.

Aus einigen Erscheinungen zu schließen, wirken die E E bei Oxydation und Desoxydation der Metalle sehr verschieden, je nachdem zugleich das Licht Zutritt hat oder nicht. Nach Heinrich wirken am kräftigsten in jenem Falle starke Entladungsschläge, in diesem Funken und Lichtbüschel, so wie denn überhaupt der ungestörte Zutritt des Lichts bei solcher, durch die E E bewirkten, Desoxydation eine wesentliche Bedingung zu seyn scheint.

Mennige und rothes Queckſilberoxyd in Glasröhren eingeschlossen, und durch die Funken oder Lichtbüschel einer kräftigen Elektrisirmaschine bestrahlt, werden in kleinen Portionen sehr bald hergestellt, selbst wenn über die Glasröhre ein dünner Metalldraht läuft; verschließt man aber diese Oxyde zwischen Glasplatten, die man zur Abhaltung des Lichts mit schwarzseidnen Bändern umwickelt, so wird man nach Heinrich, selbst durch die stärksten Entladungen nichts oder beinahe nichts ausrichten; Metalldrähte hingegen mit dieser Vorrichtung durch einen einzigen Schlag oxydiren. Heinrich Phosphorescenz d. Körp. 102.

Quellen der Elektricität.

§. 370.

Da die E E nicht auf gleiche Weise wie das Licht und die Wärme von der Natur uns dargeboten werden (§. 252.), so konnten wir in diesem Kapitel die Betrachtung ihrer Eigen-

Digitized by Google

schaften und Gesetze nicht von ihren hauptsächlichsten und gewöhnlichsten Erregungsarten trennen. Indem wir nun hier von den Quellen der E E überhaupt handeln, werden wir blos bei denjenigen etwas länger verweilen, wovon im Vorhergehenden noch nicht die Rede war, die übrigen schon im Verlaufe dieses Kapitels berührten Erregungsarten bedürfen nur einer kurzen Wiederholung.

§. 371.

Die Mittel E zu erregen, sind: 1) die Reibung (Reibungs- oder Frictionselektricität §. 282. ff.) und der Druck (§. 364.). 2) Die Berührung verschiedenartiger Körper (Berührungs- oder Contactelektricität §. 288. ff.). 3) Die Veränderung der Temperatur mancher Körper (von Einigen Krystallelektricität genannt §. 363.). 4) Die Aenderung der Cohäsionsform (§. 38.) der Körper. 5) Ein zur Zeit noch nicht enträthselter Proceß in den Wolken (Atmosphärische Elektricität). 6) Ein eigener organisch-chemischer Proceß in verschiedenen Thieren (Thierische Elektricität).

Elektricitätserregung durch Aenderung der Cohäsionsform.

§. 372.

Sehr häufig werden Körper elektrisch, wenn sie aus dem liquiden Zustande in den festen übergehen. Dieß ist namentlich der Fall beim Festwerden der Chokolade, des Talgs *), des Schwefels **), des eingedickten Terpentinöls ***) u. s. w. Es ist übrigens sehr wahrscheinlich, daß diese Erregung der E von dem beim Erstarren statt findenden Zusammenziehen, welches ein Reiben solcher geschmolzener Massen an den Gefäßen veranlaßt, herrühre, da sich nur diejenige Seite der erstarrten Masse elektrisch zeigt, welche mit dem Gefäße in Berührung war †). Wasser, welches in einer

Digitized by Google

Leidner Flasche schnell zu Eis abgekühlt wird, ertheilt derselben eine schwache Ladung: die innere Belegung wird nämlich +, die äussere — elektrisch. Wird das Wasser schnell aufgethaut, so findet eine Elektricitäts-Erregung in umgekehrter Ordnung statt ††).

*) Pabst in Riga in Crell's Ann. 1784. II. 119. S. auch Bünger in Gilb. A. XXIII. 230.

**) Storr in Crell's A. eb. 127.

***) Boyle in de Loys Abrégé chronolog. pour servir à l'hist. de la Phys. III. 45.

†) van Marum und Paets van Troostwyck im Journ. de phys. Octobr. 1788. 148. Vergl. Gay-Lussac in Schw. J. XXII. 460.

††) van Grotthuß üb. die E, die sich bei verändertem Zustande des Wassers entwickelt, in Gehl. J. IX. 221.

§. 373.

Volta *), Bennet **) und Saussure ***) fanden, daß bei der Verdunstung des Wassers E erregt werde, und zwar, daß das Gefäß, worin die Verdunstung vor sich ging, wenn es das Wasser nicht zersetzen konnte, gewöhnlich — E, hingegen + E zeigte, wenn es das Wasser zersetzte. Ueberhaupt hat man wahrgenommen, daß bei Entwickelung des Wasserstoffgases durch Säuren das Gefäß stets + elektrisch werde †). Hieher gehören auch die von Read ††) gemachten Beobachtungen, daß Luft, die durch thierische Respiration, oder durch vegetabilische Fäulniß inficirt ist, stets — E zeigt, wenn zu derselben Zeit die umgebende Atmosphäre + elektrisch ist.

*) Meteorologische Briefe, Leipz. 1793. I. 257.

**) New experiments on Electr. 105.

***) Reisen in die Alpen, III. 264.

†) Volta a. a. O. 262, und Lavoisier's physisch-chemi-

Digitized by Google

sche Schriften IV. 59 ff. Vergl. auch Crell's chem. Ann. 1788. I. 351. Erman in Gilb. A. XV. 413; Gay-Lussac a. a. O. 464. und Configliachi in Gilb. n. A. XIII. 370.

††) Gren's n. J. II. 78.

Atmosphärische Elektricität.

§. 374.

Daß der Blitz nichts anders sey, als ein heftiger elektrischer Funke zwischen zwei Wolken, oder zwischen einer Wolke und einem Theile der Erdfläche, hatten zwar schon D. Wall *) und Nollet **) vermuthet, allein erst Winkler ***) mit nicht zu bezweifelnder Gewißheit behauptet, und Franklin †) durch kühne und entscheidende Versuche völlig ins Klare gesetzt. Alle Erscheinungen und Wirkungen des Blitzes stimmen mit den Phänomenen der E aufs genaueste überein, und es giebt, blos den Grad der Stärke ausgenommen, keinen Umstand beim Blitze, der sich nicht durch die elektrischen Versuche im Kleinen nachahmen ließe. Man kann daher die Theorie des Blitzes vollkommen auf die Elektricitäts-Lehre gründen, und aus elektrischen Erfahrungen ableiten. Da aber dieß außer den Grenzen eines Lehrbuches der Chemie liegt, so haben wir hier nur den Blitz als eine Elektricitäts-Quelle überhaupt angeführt, und überlassen der Physik im engern Sinne die weitere Ausführung dieses Gegenstandes.

*) Phil. Trans. XXVI. for. 1708. no. 314.

**) Leçons de Phys. Paris 1743. Vol. IV. 34.

***) Von der Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen, Leipz. 1746. 8.

†) Franklin's Briefe von der Elektricität, übers. v. Wilke, Leipz. 1758. 8. S. 50 f. und 72 ff.

Digitized by Google

Thierische Elektricität.

§. 375.

Einige Fische, welche zu sehr verschiedenen Gattungen gehören, wie verschiedene Arten des Zitterrochen, Torpedo narke (Risso), T. unimaculata, T. marmorata, T. galvanii, der Zitteraal, Silurus electricus, Gymnotus electricus, der Stachelbauch, Tetraodon electricus (Trichiurus indicus?) besitzen die merkwürdige Eigenschaft, sich durch starke elektrische Schläge im Kampfe mit anderen Thieren zu vertheidigen, wodurch letztere gelähmt und manchmal sogar getödtet werden können.

Die Bedingungen, unter welchen der Zitteraal Schläge ertheilt, wurden von v. Humboldt (Vers. über die elektrischen Fische in Gilb. A. XXII. 1 ff. eb. XXV. 34; auch in Gehl. n. J. VI. 166 ff. und hauptsächlich: sur les Gymnotes et autres poissons électriques in Ann. de chim. et phys. XI. 408.) in Verbindung mit Bonpland, während ihres Aufenthalts in America erforscht. Ob sie gleich die Wirkungen desselben auf den menschlichen Körper ganz verschieden fanden von denen einer Säule oder einer Kleistischen Flasche, so glaubten sie sich doch keineswegs zur Annahme berechtigt, daß jene Wirkungen verschieden seyen von denen dieser Apparate. Es hängt ganz von der Willkühr des Zitteraals ab, seinen Schlag dahin zu richten, wo er am meisten gereizt zu werden glaubt: bald scheint er ihn über die ganze Oberfläche seines Körpers zu verbreiten, bald nur über einen Theil desselben. Will er einen Schlag geben, so wird man davon afficirt, man mag blos eine Seite der elektrischen Organe, oder mit beiden Händen zugleich die entgegengesetzten Seiten desselben berühren; auch ist es ganz einerlei, ob der, welcher den Fisch berührt, isolirt ist oder nicht. Er wirkt in die Ferne, d. h. sein elektrischer Schlag geht durch eine sehr dicke Wasserschicht hindurch; dabei wird er durch dieselben Körper fortgepflanzt oder unterbrochen, welche zur Entladung einer Flasche oder einer Säule dienen oder nicht: durch Harz, Glas, trocknes Holz, Horn und selbst Knochen erstreckt sich nicht die Wirkung auf den menschlichen

Digitized by Google

Körper. Verwundete Fische, welche nur schwache, aber sich stets gleichbleibende Schläge geben, wirken stärker, wenn sie eine mit einem Metall bewaffnete Hand, als wenn sie die bloße Hand berührt. Die Entladungen sind auch stärker, wenn statt mit unbewaffneter Hand sie zu berühren, beide Hände zugleich bewaffnet oder unbewaffnet angewendet werden. — Die Versuche, welche von Humboldt in Verbindung mit Gay-Lussac mit dem Zitterrochen angestellt hat, bieten etwas abweichende Resultate dar. Dieser Fisch, wenn er unter Wasser nur noch sehr schwache Schläge giebt, wirkt über die Oberfläche des Wassers gebracht stärker. Bei jedem Schlage bewegt er convulsivisch seine Floßfedern an der Brust, und derselbe ist mehr oder weniger schmerzhaft, je nachdem die unmittelbare Berührung in einer größeren oder kleineren Fläche erfolgt. Der Zitteraal hingegen ertheilt die stärksten Schläge, ohne irgend eine Bewegung mit den Augen, oder mit dem Kopfe, oder mit den Floßfedern zu machen. Gay-Lussac hat insbesondere die wichtige Beobachtung gemacht, daß bei der Berührung mit einem einzigen Finger durchaus ein unmittelbarer Contact erforderlich sey. Man fühlt gar keine Erschütterung, wenn selbst der beste elektrische Leiter, ein Metall oder die dünnste Wasserschicht, zwischen den elektrischen Organen des Zitterrochens und dem Finger sich befindet. Wenn hingegen eine metallene Schüssel, worauf das Thier liegt, mit der einen Hand gehalten, und mit der andern das elektrische Organ desselben berührt wird, während eine andere isolirte Person das Thier zu Entladungen reizt, so empfindet man eine starke Erschütterung in beiden Armen zugleich. Bilden mehrere Personen eine Kette zwischen der obern und untern Fläche der elektrischen Organe des Fisches, so fühlt man die Erschütterung nur dann, wenn die Hände dieser Personen befeuchtet werden. Die Wirkung wird nicht unterbrochen, wenn zwei Personen, die den Zitterrochen in ihrer rechten Hand halten, anstatt sich die linke zu geben, jede eine Metallspitze in einen, auf isolirender Unterlage ruhenden Wassertropfen tauchen. Bei dem Zitteraal ist keineswegs ein unmittelbarer Contact erforderlich; denn bei ihm erstrecken sich die Schläge durch eine eiserne Stange von mehreren Fuß Länge hindurch. Hierin zeigt sich also zwischen dem Zitteraal und dem Zit-

Digitized by Google

terrochen ein großer Unterschied. Was übrigens von der Nothwendigkeit einer Verbindung durch den feuchten Fußboden, um eine Kette zu schließen, gesagt worden ist, beruht nach Humboldt auf ungenauen Beobachtungen. Weder der Zitteraal noch der Zitterroche kann aber nach Willkühr, wie eine Flasche oder eine Säule, entladen werden. Keiner von beiden afficirt auch das empfindlichste Elektrometer, man mag es anwenden wie man will. Das elektrische Licht, welches Walsh, Bayon, Configliachi und Fahlberg, während der Schläge der elektrischen Fische bemerkt haben wollen, konnte von Humboldt, obgleich in völliger Dunkelheit die Versuche angestellt wurden, nicht wahrgenommen werden.

Das Organ, dessen sich der Zitterroche bedient, um solche Schläge hervorzubringen, besteht aus einer großen Menge sehnichter Röhren, welche unter sich parallel um die Kiemen oder Bronchien herum liegen. Alle diese Röhren sind an ihren Enden durch eine sehnichte Membran fest verschlossen, welche an jeder Seite sich über die ganze Oberfläche des Organs erstreckt. Ferner ist jede Röhre durch sehnichte Häutchen horizontal durchschnitten, welche in kleinen Entfernungen von einander eine über der andern liegen, so daß jede Röhre als eine Verbindung von übereinander liegenden Zellen angesehen werden kann. Das Innere dieser Zellen ist mit einer Substanz angefüllt, die nach Geoffroy aus Eiweißstoff und Gallerte zusammengesetzt ist. Endlich ist dieser ganze Apparat mit Nerven von ausgezeichneter Stärke versehen, die zwischen die Röhren hineingehen, und sich im Innern derselben ganz und gar verzweigen. Werden diese Nerven durchschnitten, so verliert das Thier die Kraft, Erschütterungen zu ertheilen.

Der Zitterroche im mittelländischen Meere, der Ostsee, war schon den Alten bekannt. (Plinii hist. nat. III. Berol. 1766. 8. 168.) Den fürchterlich wirkenden Zitteraal hat zuerst von Berkel bekannt gemacht (dess. Reise nach Rio de Berbice in der Samml. selt. u. merkw. Reisegesch. Memmingen 1789. 8. 220.) Adanson (Rozier. Abh. sur la Phys. V. 1775. May. p. 444) war der erste, welcher E hiebei vermuthete. Cavendish in Phil. Trans. 1776. V. 66. 196. S. Gehler's phys.

Wörterb. IV. 875 ff. — Volta in Gilb. A. X. 447. und in Gehl. J. IV. 612 ff. u. Configliachi eb. 647 ff. Spallanzani in Gilb. A. XIII. 454. — Aldini eb. XIV. 331. — Mojon eb. 336. — Fahlberg eb. 416. — Nicholson eb. XXIII. 276 ff. — Geoffroy eb. XIV. 397. — Todd in Schw. J. XIX. 14 ff.

Elektrochemische Theorie.

§. 376.

Daß Mischungen solcher Stoffe mit einander, welche eine große Verwandtschaft zu einander haben, häufig mit einer beträchtlichen Licht- und Wärmeentwicklung (Feuererscheinung) begleitet seyen, und daß in den meisten Fällen weder das durch die Aenderung der specifischen Wärme der sich mischenden Körper, noch das durch die Aenderung der Cohäsionsform veranlaßte Freiwerden von Wärmestoff zur Erklärung dieser Erscheinung hinreiche, ist schon oben (§. 170. §. 238. §. 240. ff.) dargethan worden. Hier wollen wir versuchen, diese Erscheinungen mit den Wirkungen der E E in Zusammenhang zu bringen.

Wenn wir bei einer solchen Erklärung von der Hypothese der Identität des Lichts und der Wärme (§. 179.) ausgehen, so genügt es uns, bloß von einem dieser beiden unwägbaren Stoffe die Quelle bei chemischen Verbindungen nachgewiesen zu haben. Eine solche Einseitigkeit in der Erklärung scheint die Thatsache, daß dieselben Stoffe, welche unter gewissen Umständen bei ihrer Vereinigung eine Feuererscheinung bewirken, unter andern etwas veränderten bloß eine Wärmeentwicklung nach sich ziehen, gestatten zu wollen; denn während z. B. die Mischung der Magnesia mit concentrirter Schwefelsäure mit Feuererscheinung verbunden ist, nimmt man nur eine geringe Temperaturerhöhung ohne Lichtentwicklung wahr, wenn die Säure mit Wasser verdünnt ist.

Digitized by Google

§. 377.

Geht man davon aus, daß zwei verschiedenartige Stoffe, wenn sie sich berühren, entgegengesetzte E E zeigen, und zwar desto stärker, je größer ihre gegenseitige Verwandtschaft ist (§. 289.), so muß stets, da eine Berührung der sich mischenden Stoffe in Massen jeder Mischung vorausgeht, dieser auch eine Erregung der beiden E E vorangehen. Wenn ferner, nach erfolgter Mischung, die E E sich zu zeigen aufhören, in dem Moment der Mischung aber eine, manchmal bis zur Feuererscheinung gesteigerte, Wärmeentwicklung zum Vorschein kommt: so könnte man annehmen, daß die Vereinigung der beiden E E die Ursache dieser Erscheinung wäre, und dieß um so mehr, da die Vereinigung der beiden, in je zwei Körpern angehäuften E E ebenfalls mit einer Feuererscheinung begleitet ist. So wären wir demnach, gestützt auf den Schluß, aus ähnlichen Erscheinungen auf ähnliche innere Ursachen, zur Ansicht gelangt, daß die Vereinigung der entgegengesetzten E E bei den chemischen Verbindungen wie bei den elektrischen Ausladungen, die Ursache der Feuererscheinung sey.

Der Schluß, daß das elektrische Feuer, so wie das auf chemischem Wege, nämlich durch Mischung hervorgerufene, gleichen Ursprung habe, läßt sich nur rechtfertigen, wenn eine Aehnlichkeit beider in allen Wirkungen nachgewiesen werden kann. Diese Aehnlichkeit zeigt sich aber darin, daß alle die oben (§. 319. ff. §. 325. ff.) beschriebenen Wirkungen der E E, bei ihrer Entladung, ebenfalls durch das chemische Feuer sich hervorbringen lassen.

§. 378.

Gemäß der im vorhergehenden §. dargelegten Ansicht würde jeder chemische Proceß zugleich ein elektrischer seyn, und eben so wie bei einer chemischen Verbindung die wägbaren Stoffe sich mischen, müßte eine Vereinigung der sie begleitenden E E gedacht werden, deren Product die mehr oder

Digitized by Google

minder intensive, mit oder ohne Lichterscheinung verbundene, Wärmeentwicklung ist.

§. 379.

Wenn nun gleich nach erfolgter chemischer Verbindung zweier Stoffe, ihre entgegengesetzten E E zur Indifferenz sich ausgeglichen haben, so behalten sie doch die Fähigkeit, die ursprünglichen entgegengesetzten E E durch Vertheilung wieder anzunehmen, wenn sie einem ununterbrochenen Strome der beiden freien E E ausgesetzt werden, wie dieß namentlich der Fall bei der Säule ist. Die Verbindung wird dann wieder zerlegt, und jeder der beiden Bestandtheile wird gemäß des allgemeinen elektrischen Grundgesetzes (§. 258.) von demjenigen Pole angezogen, der die der seinigen entgegengesetzte E besitzt (vergl. oben §. 349.). Diese Erscheinungen deuten unverkennbar auf einen innern nothwendigen Zusammenhang zwischen chemischer und elektrischer Anziehung; nur läßt sich nicht wohl der Grund einsehen, warum die Verbindung der Stoffe, nach Aufhebung des elektrischen Gegensatzes, mit so großer Kraft fortdauert, daß sie allen mechanischen Kräften widersteht; denn die gewöhnlichen, elektrischen Erscheinungen bieten nichts Aehnliches dar.

§. 380.

Indem die elektrochemische Theorie dem elektrischen und chemischen Feuer gleichen Ursprung zuschreibt, ordnet sie ähnliche Erscheinungen unter ein allgemeines Gesetz. Sie erklärt aber nicht, auf welche Weise das Feuer als eine Folge der Vereinigung der beiden E E zu betrachten sey. Doch führt sie uns abermals auf das Identitätsverhältniß zwischen Licht, Wärme und den beiden E E (§. 360.) zurück.

Die Aehnlichkeit oder streng genommen, die Identität zwischen chemischer und elektrischer Anziehung, zeigt sich stets darin, daß die eine mit der andern zu- oder abnimmt, woraus folgt, daß die

Digitized by Google

Intensität der durch Berührung erregten E E in geradem Verhältnisse mit der chemischen Verwandtschaft der sich berührenden Stoffe stehe. Hiefür spricht denn auch, daß nach Davy (vergl. §. 288. letzte Anm.) mit Zunahme der Temperatur, welche bis auf einen gewissen Punct stets die Verwandtschaft verstärkt, auch die Intensität der erregten Contactelektricität erhöht wird.

§. 381.

Ein Gemisch, das aus entgegengesetzt elektrischen Stoffen besteht, welche sich durch die Mischung gegenseitig zur Indifferenz ausgeglichen haben, kann wiederum dieselben Erscheinungen hervorrufen, wenn es mit andern Gemischen, zu welchen es Verwandtschaft hat, zusammenkommt. So wie aber nach §. 58. die Verwandtschaften an Stärke und Zahl immer mehr abnehmen, je zusammengesetzter die Stoffe werden, so müssen auch in gleichem Grade die elektrischen Wirkungen sich immer mehr vermindern.

So ist die Vereinigung brennbarer Körper mit Sauerstoff stets mit einer Feuererscheinung begleitet; dieselbe ist schwächer, gewöhnlich eine bloß dunkle Wärmeentwicklung, wenn sich die Oxyde zu Salzen, und noch viel schwächer, wenn zwei der letzteren zu Doppelsalzen sich vereinigen u. s. w.

§. 382.

So wie nämlich durch Vereinigung mehrerer Stoffe eine vollkommene Neutralität eingetreten ist, so zeigt sich auch eine vollkommene elektrochemische Indifferenz, die nicht mehr, oder doch wenigstens nicht in einem merklichen Grade durch andere Körper aufgehoben werden kann. Gleichwohl behalten die einzelnen Bestandtheile einer solchen Verbindung die Fähigkeit, elektrisch different zu werden, wenn andere Stoffe, welche sie aus ihrer Vereinigung zu trennen streben, damit zusammentreffen.

Digitized by Google

§. 383.

Die schon oben (§. 170. vorletzte Anm.) angeführten merkwürdigen Erscheinungen, welche manche zusammengesetzte Körper darbieten, wenn sie einer höheren Temperatur ausgesetzt werden, daß nämlich dann plötzlich Feuer aus ihnen hervorbricht, gerade so, als ob eine chemische Mischung erst statt gefunden hätte, scheint aus dem elektrochemischen Gesichtspuncte keine andere Erklärung zuzulassen, als daß die Elemente, obgleich in gewöhnlicher Temperatur schon in Vereinigung, doch erst in höherer ihre entgegengesetzten E E zur völligen Indifferenz ausgleichen, dadurch eine innigere Mischung eingehen, wovon die Folge die erwähnte Feuererscheinung und eine Veränderung des elektrochemischen Verhaltens ist. Hiemit ändern sich aber auch die Verwandtschaften dieser Verbindungen, und daher kommt es, daß Stoffe, zu welchen sie vor der eingetretenen innigeren Verbindung große Verwandtschaft hatten, nach derselben keine Einwirkung mehr auf sie zeigen. Diese chemische Indifferenz verlieren sie erst dann wieder, wenn sie in höherer Temperatur der Einwirkung von solchen Stoffen ausgesetzt werden, welche sehr starke chemische Verwandtschaften, aber nur unter mitwirkender Wärme, äussern.

Eine ganz ähnliche Bewandtniß scheint es mit manchen durch Schmelzen, also in höherer Temperatur, entstandenen Gemischen der ersten Art zu haben, in welchen die Bestandtheile mit solcher Kraft zusammen halten, daß sie der Einwirkung anderer Stoffe, welche selbst große Verwandtschaft zu dem einen oder andern Bestandtheil des Gemisches haben, widerstehen. Um so merkwürdiger ist es aber, daß gerade solche Stoffe, welche in der elektrischen Reihe sehr nahe beisammen liegen, diese Erscheinungen am häufigsten zeigen, und eben deshalb auch nur Gemische der ersten Art darstellen. Dahin gehören das Glas, welches der Einwirkung der stärksten Säuren widersteht, obgleich dieselben große Verwandtschaft zu dem einen Bestandtheil desselben, zu dem Alkali haben; ferner manche Metallgemische, wie z. B. goldhaltiges Silber (aus

Digitized by Google

gleichen Theilen beider Metalle), welches der Einwirkung der Salpetersäure widersteht, obgleich das Silber für sich sehr leicht von derselben oxydirt und aufgelöset wird. In solchen durch Schmelzen vereinigten Gemischen möchten also wahrscheinlich die Bestandtheile derselben, obgleich beide elektropositiv, doch einander zur völligen Indifferenz ausgeglichen haben, und eben deshalb der Einwirkung elektronegativer Substanzen widerstehen.

§. 384.

Prüft man das elektrische Verhalten der Körper unter einander, so ordnen sich letztere in zwei Classen: in die erstere fallen die elektropositiven, in die zweite die elektronegativen Körper. Es nehmen nämlich die einfachen Stoffe und ihre Oxyde, welche zur ersten Classe gehören, stets + E an, wenn sie mit einfachen Körpern der zweiten Classe, oder mit deren Oxyden in Berührung kommen, und die Oxyde der ersten Classe verhalten sich zu den Oxyden der zweiten allezeit wie Salzbasen zu Säuren.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß im Allgemeinen die Ordnung in der elektrischen Reihe der brennbaren Körper mit der Ordnung der Oxyde dergestalt übereinstimmt, daß die Oxydationsstufen der verschiedenen Radicale, welche die stärksten Verwandtschaften äussern, sich gegen einander eben so, wie die Radicale selbst verhalten. — So ist z. B. der Schwefel gegen alle Metalle elektronegativ, eben so ist aber auch die Schwefelsäure gegen alle Metalloxyde negativ, die Oxyde von Kalium und Zink sind gegen alle diejenigen Oxyde elektropositiv, zu deren Radicalen Kalium und Zink sich positiv verhalten u. s. w.

§. 385.

Die Anordnung der Körper nach ihrem elektrochemischen Verhalten liefert uns das sogenannte elektrochemische System. Hiebei ist zu bemerken, daß bloß ein einziger unter allen Körpern einen absolut elektrischen Character behauptet, nämlich der Sauerstoff, welcher sich niemals gegen

Digitized by Google

irgend einen andern Körper positiv verhält. Alle übrigen einfachen und zusammengesetzten Stoffe beobachten hingegen ein relativ elektrisches Verhalten, indem sie gegen den einen Körper negativ, gegen den andern aber positiv auftreten können.

§. 386.

Versucht man's, die einfachen Körper nach ihrem elektrischen Verhalten zu ordnen, und beginnt man mit den elektronegativen, so tritt der Sauerstoff an die Spitze, und an denselben reihen sich fast ohne Unterbrechung die einfachen brennbaren nicht metallischen Stoffe. Hierauf folgen die Metalle, deren Oxyde Säuren bilden, und in diese Reihe fallen noch der Kohlenstoff und Wasserstoff. Hieran reihen sich die übrigen Metalle in der Ordnung, daß die edlen zuerst folgen, und die Metalle der Erden und Alkalien, welche die stärksten Salzbasen bilden, die Reihe beschließen.

Da nach §. 379. die Verwandtschaften der Körper und deren elektrisches Verhalten in der nächsten Beziehung stehen, so könnte man vielleicht erwarten, daß die elektrische Reihe der Körper zugleich die Ordnung ihrer Verwandtschaften ausdrücken würde gegen denjenigen Stoff, welcher allen elektrisch entgegengesetzt ist, nämlich gegen den Sauerstoff; allein dieß ist nicht der Fall und kann schon deshalb nicht der Fall seyn, da nach §. 84. die Verwandtschaften gar sehr von der Temperatur abhängen, indem sehr häufig zwei Stoffe bei einer gewissen Temperatur Verwandtschaft, in einer höheren oder niederen keine zu einander haben. So zeigen Quecksilber und Sauerstoff in der gewöhnlichen Temperatur keine, in der Siedhitze des Quecksilbers starke, in der Glühehitze wiederum keine Verwandtschaft zu einander. Dieses so ganz entgegengesetzte Verhalten zweier Körper zu einander, je nach ihrer Temperatur, möchte zu dem Schlusse berechtigen, daß auch ihr elektrisches Verhalten sich umkehre, je nachdem die Temperatur steigt oder fällt; wie auch neuere Untersuchungen darthun. Raschig in Gilb. nn. A. XIII. 339, Oersted eb. 430, van Beek eb. 433, Yelin eb. 419.

Digitized by Google

§. 387.

Obschon unsere Betrachtungen sich eigentlich da endigen müssen, wo uns die Erfahrung verläßt, so sey's doch erlaubt, einige Vermuthungen zu wagen, wie möglicher Weise die EE an den Körpern haften können.

§. 388.

Da nur allein der Sauerstoff ein absolut, alle übrigen Stoffe aber ein relativ elektrisches Verhalten zeigen, so kann in den letzteren nicht bloß die eine oder die andere E angehäuft seyn, sondern wir müssen uns beide EE zugleich in demselben Körper gegenwärtig denken. Wie aber in diesem Falle die EE vertheilt seyn mögen, davon giebt uns der Turmalin (§. 363.) ein Bild: in zwei entgegengesetzten Puncten zeigt er nämlich die entgegengesetzten E E, d. i. elektrische Polarität. Da sich nun bei einer auch noch so weit fortgesetzten mechanischen Theilung eines solchen elektrischen Körpers stets wieder in den Theilen desselben elektrische Polarität zeigt, und wir Grund haben zu schließen, was von einem ganzen Körper gilt, werde auch von seinen kleinsten Theilen (Atomen) gelten: so dürfen wir mit vieler Wahrscheinlichkeit den Atomen eines Körpers, der zur Reihe der relativ elektrischen Körper gehört, elektrische Polarität zuschreiben. Es wäre aber nicht zu begreifen, wie ein Körper bei Berührung mit einem andern + oder — elektrisch werden könne, wenn die EE seiner Atome von gleicher Intensität wären. Wir müssen daher eine ungleiche Intensität, ein Ueberwiegen der einen oder der andern E annehmen, und dann läßt sich einsehen, wie ein Körper im Conflicte mit einem andern, in welchem + E vorherrscht, — E, hingegen in Berührung mit einem dritten, worin — E überwiegt, + E zeigen könne. Daß übrigens ein solches Vorherrschen der einen oder der andern E nicht bloß eine rein hypothetische Annahme sey, dafür scheinen das von Erman entdeckte unipolare Leitungsvermögen mancher Körper (§. 263.), so wie die ähnlichen Untersuchungen Bran-

Digitized by Google

de's, nach welchen die Flammen verschiedener Körper von entgegengesetzt elektrisirten Metallkugeln verschieden angezogen werden, zu sprechen *).

Zu einer Vereinigung zwischen polarischen Atomen zweier Körper würde nothwendig erfordert werden, daß wenigstens die kleinsten Theile des einen Körpers beweglich wären, damit sie den entgegengesetzten Polen des andern Körpers mit einer gewissen Leichtigkeit sich zuwenden können. Diese Beweglichkeit findet aber besonders bei Flüssigkeiten statt; daher geht eine Mischung zwischen zwei festen Körpern nur sehr schwierig von statten, weit leichter aber, wenn der eine, und am leichtesten, wenn beide Körper flüssig sind (vergl. §. 64.).

Wenn die verschiedenen Atome einen, der Intensität ihrer Polarisirung angemessenen, Wirkungskreis haben, so kann ihre Vereinigung nur innerhalb desselben statt finden; wenn sie daher in zu weiten Abstand von einander gerathen, so muß sich ihre gegenseitige Einwirkung auf einander mindern. Daher nimmt das Streben gasförmiger Körper nach Vereinigung immer mehr ab, je mehr sie verdünnt werden, d. h. je mehr ihre Atome aus einander rücken.

*) Schon Cuthbertson (Gilb. A. XXIV. 113) bemerkte, daß wenn man die Flamme einer Kerze zwischen zwei entgegengesetzt elektrische Flächen bringt, die negative sich mehr erwärme als die positive. Brande (üb. einige neue elektrochemische Erscheinungen in Schw. J. XII. 67; s. auch IX. 338 und XI. 66, und Gilb. n. A. XXII. 372) verfolgte diese Versuche weiter, und fand, daß die Flamme solcher Körper, welche ein Alkali bilden, z. B. des Kaliums, oder eines Körpers, der vielen Wasserstoff enthält, unter diesen Umständen nach der negativen Kugel sich hinziehen, und dieselbe erhitzen, während die andere kaum warm wird; dagegen die Flamme solcher Körper, welche Säuren bilden, z. B. des Phosphors, Schwefels ꝛc. zu der positiven Kugel sich hinwenden und dieselbe erhitzen. — Gewissermaaßen könnte man hierin eine Wiederholung der Ermanschen Versuche mit Frictionselektricität erblicken; allein dieß ist streng genommen,

Digitized by Google

nicht der Fall; daher auch von dieser Seite die Identität der Frictions- und Contactelektricität noch nicht erwiesen ist. Vergl. oben letzte Anm. zu §. 355.

§. 389.

Allein mit Recht erinnert Berzelius, daß auch eine solche angenommene Unipolarität noch nicht alle Erscheinungen vollständig erkläre, indem nicht selten zwei negative Körper (z. B. Sauerstoff und Schwefel) mit größerer Innigkeit sich vereinigen, als ein negativer (Sauerstoff) und ein positiver (Kupfer). Hieraus würde folgen, daß der Verwandtschaftsgrad der Körper nicht bloß von ihrer specifischen Unipolarität abhängen könne. Berzelius sucht ihn darin, daß gewisse Körper einer innigeren Polarisation fähig sind als andere, und daher auch eine stärkere Neigung besitzen, die in ihren Polen vertheilte E zu neutralisiren. Aber vergessen wir nicht, was auch keineswegs Berzelius aus den Augen verliert, daß je weiter wir uns in das Gebiet der Speculation verlieren, desto schwieriger widersprechende oder doch wenigstens abweichende Erscheinungen unter ein allgemeines Gesetz geordnet werden können. Wir lassen daher hier den Faden fallen, genug um gezeigt zu haben, auf welche Weise wir uns ohngefähr ein Bild von dem unverkennbaren Zusammenhange der chemischen Verwandtschaft mit elektrischer Anziehung entwerfen können.

Vergl. Pfaff in Gilb. n. A. XXI. 437.]

§. 390.

Schließlich wollen wir bloß noch einige Anwendungen von der elektrochemischen Theorie auf das Princip der Wahlverwandtschaften (§. 60.) machen. Wenn ein Gemisch B C durch einen Körper A zerlegt wird, so schreiben wir diesem eine nähere Verwandtschaft zu B zu, als C zu B hat (§. 76.), d. h. nach der elektrochemischen Hypothese besitzt der Körper

Digitized by Google

A eine stärkere elektrische Polarität, vermöge welcher er mit B eine vollkommnere elektrische Indifferenz bewirkt, als C mit B: die stärkere E des Körpers A stößt gleichsam nach §. 258. die gleichnamige, aber schwächere E des Bestandtheils C ab, wodurch also das Gemisch B C zerlegt wird, und der ausgeschiedene Stoff C erhält wiederum seine ursprüngliche elektrische Polarität. Wenn ferner zwei Gemische A C und B D einander durch doppelte Wahlverwandtschaft zerlegen (§. 82.), so daß daraus die beiden Gemische A B und C D entstehen, so wird auf gleiche Weise in diesen letzteren eine vollkommnere elektrische Indifferenz herbeigeführt, als in den beiden älteren.

§. 391.

Aus der elektrochemischen Hypothese erklärt sich auch, warum derselbe Körper, aber in verschiedenen Verbindungen, ganz verschiedene Scheidungsmittel erfordert; denn da jeder Körper (mit Ausnahme des Sauerstoffs) in seinen verschiedenen Verbindungen bald elektropositiv bald elektronegativ ist: so ist es klar, daß er in jenem Falle durch stärkere elektropositive, in diesem durch stärkere elektronegative Körper ausgeschieden werden müsse.

So kann der Schwefel aus der Schwefelsäure, in welcher er elektropositiv ist, nur durch stärker elektropositive Körper (z. B. durch Metalle), aus einem Schwefelmetall hingegen, wo er negativ ist, nur durch solche Körper ausgeschieden werden, welche gegen das Metall stärker elektronegativ sind, als der Schwefel (z. B. durch Säuren).

§. 392.

So ist es endlich auch leicht einzusehen, wie manche in gewöhnlicher Temperatur entstandene, zusammengesetzte Körper, in erhöhter Temperatur sehr heftig verpuffen (§. 75.), wie dieß namentlich bei Knallgold, Knallsilber u. s. w. der Fall ist. In jeder dieser beiden Verbindungen ist nämlich

Digitized by Google

weder das starke — E des Sauerstoffs durch das schwache + E des Metalles, noch das starke + E des Wasserstoffs durch das schwache — E des Stickstoffs zur Indifferenz ausgeglichen. Mit Erhöhung der Temperatur wächst aber das Bestreben dieser beiden, in einem hohen Grade entgegengesetzt elektrischen, entfernteren Bestandtheile, ihre völlige Indifferenz herbeizuführen, wobei eine neue innigere Verbindung (Wasser) entsteht, welche die Ursache der Feuererscheinung und des Knalles ist, wozu indeß im vorliegenden Falle noch die plötzliche Bildung zweier gasförmiger Substanzen (Wasserdunst und Stickgas) kommt.

Daß überhaupt mit Erhöhung der Temperatur die elektrische Intensität wächst, ist nicht bloß Vermuthung, sondern eine durch vielfältige Erfahrungen bestätigte Thatsache. Wir verweisen deshalb auf §. 305. u. §. 362. u. f. Da nun die Intensität der chemischen so wie der elektrischen Anziehung auf ähnliche Weise von dem Temperaturgrad abhängig ist, so liefert uns dieß einen abermaligen Beleg von dem nahen Verhältnisse, in welchem beide zu einander stehen. Vergl. auch §. 386. Note.

* * *

Von Grotthuß phys. chem. Forsch. I. 113 ff. Vergl. auch Schw. J. XX. 268. Anm. u. Gilb. n. A. XXVIII. 355 u. nn. A. I. 60. — Ritter hierüber in Gehl. n. J. IV. 278. Das elektrische System der Körper, Leipz. 1805. 8. 38—40. — Davy üb. den Zusammenhang zwischen den elektrischen Kräften der Körper, und ihren chemischen Verwandtschaften in Gilb. A. XXVIII. S. 172 ff., auch in Gehl. J. V. 41. — Gegen die elektrochem. Theorie Gay-Lussac in Gilb. A. XXVIII. S. 321. Pfaff's Bemerk. in Gehl. J. V. 65 ff. — Oerstedt's Ansicht der chemischen Naturgesetze, Berl. 1812. Vergl. auch Schw. J. V. 401 ff. — Berzelius über d. Theorie der chem. Proport. (Entwicklung der elektrochem. Theorie ꝛc. S. 60. ff.) Auch in Gilb. n. A. XII. 40 u. 282, und Schw. J. VI. 119. —

Digitized by Google

Gehlen üb. das elektrochemische System ꝛc. eb. XII. 403 ff. — Schweigger in s. J. V. 49 ff. VI. 252 ff. IX. 88 ff. — Avogadro Bemerkungen über die elektrochemische Theorie des Herrn Berzelius in Gilb. n. A. XVI. 248.

Viertes Kapitel.

Magnetismus.

§. 393.

Der Magnetismus mußte bisher in den chemischen Lehrbüchern unbeachtet bleiben, da nach den bisherigen Beobachtungen weder chemische Wirkungen von ihm *) noch eine Erregung desselben durch chemische Processe bekannt waren. Die merkwürdigen Entdeckungen der neuesten Zeit haben aber dargethan, daß Elektricität und Wärme unter gewissen Umständen auf Magnetismus einwirken; da nun Elektricität, Wärme und chemischer Proceß zu einander in sehr inniger Beziehung stehen: so darf die Lehre vom Magnetismus, nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft, in einem chemischen Werke nicht mehr ganz mit Stillschweigen übergangen werden.

*) Die schon oben §. 129. Anm. berührten Wirkungen des Magnetismus auf Krystallisation ꝛc. bedürfen noch sehr der Bestätigung.

§. 394.

Unter den Eisenerzen finden sich einige, welche die Eigenschaft haben, anderes Eisen, selbst wenn es mit großen Quantitäten anderer Metalle vermischt ist, auch Nickel und Kobalt mit mehr oder weniger Kraft anzuziehen. Man nennt ein solches Eisenerz einen Magnet (Magnes, Siderites, Lapis nauticus) und diejenigen Metalle, welche ihm folgsam sind, magnetische Metalle.

Digitized by Google

Magnet (*Μαγνητης*) kommt von der Stadt Magnesia in Lydien, in deren Gegend man ihn zuerst gefunden haben soll.

Einige Chemiker haben behauptet, daß zu den magnetischen Metallen auch Mangan (Bergman in s. Opusc. phys. et chem. II. 203, Hielm in Crell's Ann. 1787. I. 163. Dagegen Rinman in s. Gesch. des Eisens II. §. 155. S. 4. John Schriften S. 133) und Chrom (Ritter in Gehl. n. J. V. 394) gehören.

Die magnetische Anziehung wirkt nicht allein im luftvollen wie im luftleeren Raume, sondern auch durch liquide und durch feste Körper, wenn nur nicht die Entfernung die des magnetischen Wirkungskreises übersteigt.

§. 395.

Jeder Magnet hat zwei Puncte, in welchem sich sein Magnetismus am stärksten äussert: man nennt sie die Pole des Magnets. Diese Pole wenden sich, wenn der Magnet frei beweglich ist (z. B. an einem Faden aufgehangen wird), nach den Weltgegenden, d. h. der eine Punct (beinahe) nach Norden, der andere (beinahe) nach Süden; jener Punct wird daher Nordpol, dieser Südpol genannt, und jener durch + M, dieser durch — M bezeichnet. In der Mitte zwischen + M und — M liegt der Indifferenzpunct, oder Culminationspunct, in welchem er weder Nord- noch Südpolarität zeigt.

Die Bezeichnung der beiden Pole durch + M und — M ist analog der Bezeichnung der beiden E E (§. 254.).

Wird ein Magnet in Stücken zerschlagen, so äussert jedes ebenfalls Polarität, und dieß ist stets der Fall, man mag die mechanische Theilbarkeit so weit fortsetzen, als man will.

§. 396.

Kommen zwei leicht bewegliche Magnete je mit ihren ungleichnamigen oder gleichnamigen Polen zusammen, so zeigt

Digitized by Google

sich dasselbe Anziehen und Abstoßen, wie wir oben (§. 258.) bei den E E kennen gelernt haben. Hieraus hat man auch ein ähnliches Gesetz für die Erscheinungen des Magnetismus abgeleitet.

Gleichnamige M M stoßen einander ab, ungleichnamige M M ziehen einander an.

Das System aller der von diesem Gesetz abhängigen Erscheinungen begreift man unter dem Namen Magnetismus.

§. 397.

Mittelst eines natürlichen Magnets kann ein magnetisches Metall (§. 394.) zu einem künstlichen Magnete werden, dessen magnetischer Zustand aber gewöhnlich nur so lange dauert, als es in der Nähe von jenem sich befindet. Hingegen durch wiederholtes Streichen (Magnetisiren) mit einem Magnete kann der magnetische Zustand bleibend werden, und ein solcher künstlicher Magnet verhält sich dann gerade so wie ein natürlicher, auch kann man durch ihn wiederum andere magnetische Metalle zu Magneten machen. Ein Körper, welcher ein künstlicher Magnet werden kann, wird attractorisch genannt, hingegen ein solcher, welcher bloß von einem Magnete gezogen wird, ohne aber selbst magnetische Polarität zu erlangen, heißt retractorisch.

Das Angezogenwerden eines magnetischen Metalls von einem Magnet (§. 394.) besteht demnach darin, daß der dem Metalle sich nähernde Pol des Magnets in diesem den entgegengesetzten Pol hervorruft, wodurch nach dem Gesetze des §. 396. die Anziehung erfolgt.

Einfacher Strich, Doppelstrich, Zirkel- oder Kreisstrich.

Es ist merkwürdig, daß Eisen eine bleibende magnetische Polarität nur dann erlangt, wenn es mit einem geringen Antheile eines fremdartigen Stoffes, entweder mit Kohlenstoff, wie im Stahle,

Digitized by Google

oder mit Sauerstoff, wie im Magneteisenstein, oder mit Schwefel, wie im Magnetkies, oder mit Phosphor, verbunden ist. Es verlieret aber seine magnetische Eigenschaft, wenn es das Maximum an Sauerstoff oder Schwefel aufgenommen hat, ebenfalls wenn es arsenikhaltig ist, so wie überhaupt Arsenik die magnetischen Eigenschaften der magnetischen Metalle tilgt.

§. 398.

Unmagnetisches Eisen kann auch durch gewisse mechanische Behandlungen, wie namentlich durch starkes und wiederholtes Streichen mit einer Feile nach einer und derselben Richtung, ferner beim Schneiden einer Schraube in einer Schraubenkluppe ꝛc. magnetisch werden. Eben dasselbe erfolgt bei schneller Zusammenziehung, wenn man Eisen glühet und die eine Hälfte schnell in kaltem Wasser abkühlt. Dagegen wird der Magnetismus eines Magnets durch Erhitzung geschwächt, und durch Glühen und langsames Erkalten ganz zerstört. Ebenso durch starke Erschütterung, durch Pulvern u. s. w.

§. 399.

Der Magnetismus wird länger unterhalten, wenn zwei Magnete mit ihren ungleichnamigen Polen parallel an einander gelegt werden; hingegen wird er geschwächt, wenn gleichnamige Pole einander längere Zeit berühren. Ein sehr starker Magnet kann auf diese Weise die Polarität eines schwächeren augenblicklich umkehren.

§. 400.

Magnetnadeln sind sehr schmale und leichte künstliche Magnete, welche leicht beweglich sind um den Mittelpunct ihrer Axe. Man bedient sich derselben hauptsächlich zur Bestimmung der Weltgegenden, und zur Prüfung der Körper, ob sie magnetisch, und zwar ob sie attractorisch

Digitized by Google

oder bloß retractorisch sind, indem in jenem Falle der eine Pol der Magnetnadel von dem Körper an einer Seite abgestoßen, der andere ebendaselbst angezogen wird, in diesem Falle beide Pole angezogen werden.

§. 401.

Wenn eine Magnetnadel in ihrem Schwerpuncte freischwebend aufgehangen wird, so senkt sie in unserer nördlichen Erdhälfte ihren Nordpol, und zwar desto mehr, je näher der Ort, an dem sie sich befindet, dem Nordpole liegt (Neigung der Magnetnadel, Inclinatio). In der südlichen Erdhälfte findet das Umgekehrte statt. Die Richtung, welche eine frei schwebende Magnetnadel annimmt, liegt nicht ganz in der Ebene des Meridians eines Orts, sondern weicht etwas gegen Osten oder Westen ab (Abweichung der Magnetnadel, Declinatio).

Die Richtung der Magnetnadel nach den Weltgegenden, so wie ihre Neigung und Abweichung, führt zur Annahme, daß im Innern der Erde ein großer Magnet liege, dessen Axe die Erdaxe schneidet, und daß dieser Magnet gewisse Bewegungen erleide.

Vermöge des Erdmagnetismus werden eiserne Stangen, wenn sie längere Zeit nach der Abweichung und Neigung der Magnetnadel gerichtet sind, leicht magnetisch.

§. 402.

Das + M und — M verhalten sich zu einander hinsichtlich des polaren Verhaltens wie + E und — E: in ihrer Vereinigung stellen sie das 0 M, oder die nicht wahrnehmbare magnetische Materie dar (vergl. §. 257.). Dieses 0 M müssen wir in jedem, des Magnetismus fähigen, Körper annehmen, und durch die Wirkung eines Magnets gedenken wir es uns auf gleiche Weise in seine Bestandtheile (+ M und — M) zerlegbar, wie das 0 E eines Körpers nach dem Gesetze der Vertheilung (§. 274.) in + E und — E gesondert wird durch einen elektrisch differenten Körper.

Digitized by Google

Elektro- und Thermo-Magnetismus.

§. 403.

Vergleichen wir die Erscheinungen der Elektricität mit denen des Magnetismus etwas näher, so finden wir bei aller Uebereinstimmung doch auch wesentliche Merkmahle der Unterscheidung an ihnen.

1) Nie hat man einen natürlichen Magnet angetroffen, noch künstlich dargestellt, der durchaus nur + M oder — M gehabt hätte. Zwar besteht auch nie eine E ohne die andere; allein es kann doch in einem Körper durchaus einerlei E herrschen, so daß der Gegensatz nur in andern nahen Körpern statt findet. 2) Magnetisirung erzeugt bleibende Ladung oder Polarität, nicht so Elektrisirung; denn von der bleibenden elektrischen Ladung, welche z. B. der Elektrophor (§. 280.) und die trockne Säule zeigt, kann hier nicht die Rede seyn, da diese aus heterogenen Substanzen bestehen, welche nur durch das regelmäßige Zusammentreffen ihrer eigenthümlichen Wirkungen die erkünstelte Dauer der Ladung hervorbringen, während die bleibende Polarität des Magnets ursprünglich ist, und neben einer, wenigstens für uns, absoluten Homogeneität hervortritt. 3) Ein Magnet kann als erster Leiter an einer Maschine durchaus + E oder — E erhalten, ohne daß dadurch sein Magnetismus geschwächt oder verändert würde, mit Ausnahme heftiger Wirkungen der verstärkten E. (vergl. §. 415.) 4) Das + Mund — M lassen sich durch kein Mittel in den magnetischen Metallen so mit einander zur Indifferenz vereinigen wie + E und — E. 5) Der Magnetismus bringt keine chemischen Wirkungen hervor, während dieß bei der E in einem hohen Grade der Fall ist (§. 318.). 6) Beim Magnetismus ist es als ausgemacht anzusehen, daß er nur durch Vertheilung (§. 273.) wirkt; bei der Elektricität lassen sich der Vorstellung, daß sie bloß durch Vertheilung wirke, Einwendungen entgegen setzen. Vergl. §. 278. Erman Beiträge über elektrisch-geographische Polarität, permanent elektrische Ladung, und magnetisch-chemische Wirkungen in Gilb. A. XXVI. 1 ff. und 121 ff.

Digitized by Google

§. 404.

Das innigste Identitätsverhältniß zeigt sich aber zwischen Elektricität und Magnetismus darin, daß eine vollkommen geschlossene Säule (§. 293.) eine gewöhnliche Magnetnadel (§. 400.) aus ihrer ursprünglichen Richtung bringen kann, wenn der die Säule schließende Draht in die Verticalebene der Nadel ober- oder unterhalb derselben gebracht wird. Diese in der Geschichte der Contactelektricität Epoche machende Entdeckung wurde vom dänischen Physiker Oerstedt im J. 1820 gemacht.

Oerstedii experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam in Schw. J. XXIX. 275. Uebers. in Gilb. ann. A. VI. 291. Ebend. neuere elektromagnetische Versuche in Schw. J. 364. Er fand, daß der Schließungsdraht aus mehreren vereinigten Drähten oder Metallstreifen bestehen könne, wenn nur stets die Berührung reguliniſch metalliſch iſt, und daß die Natur des Metalls den Erfolg nicht, oder doch etwa nur in der Größe verändere. Geschmolzenes Eisen wirkt wie festes als Leiter. Magnetisches Eisen, als Glied des Schließungsdrahtes angewandt, übt keinen Einfluß auf die Nadel aus; eben so wenig, wenn es zum Erregen der Contact-E gebraucht wird. Bleiglanz, Magneteisenstein, Graphit, Holzkohle, Schwefelkupfer, Schwefelkies, Grau-Braunsteinerz, als Theile des Schließungsdrahtes angewandt, unterbrechen nicht die Wirkungen auf die Magnetnadel, sie schwächen sie aber, und zwar in der hier angegebenen Ordnung, so daß der Braunstein die schwächsten Wirkungen hervorbringt. Zur Klasse dieser Halbleiter gehören ferner: Magnetkies, Kupfernickel, Buntkupfererz, Marmor, Holz u. m. a. Nichtleiter sind: Eis, flüssiger Schwefel, flüssiger Phosphor, flüssiges Harz, rothglühendes Glas, und der Diamant, ferner: Zinkblende, Schwefelspießglanz, Zinnober, Auripigment, Realgar, Wismuthglanz, Schwefelmolybdän, Schwefelsilber, Hornsilber, Schörl, edler Turmalin, Topas, Feldspath, Augit, Granat, Lazulit, Tantalit, Bimsstein, Eisenglanz, Chromeisenstein, und mehrere a. Mineralien (Poggendorf a. u. a. O. 700.). — Wird der Leiter durch Wasser unterbrochen, so bleibt nicht alle Wirkung aus, es sey denn die Wasserstrecke mehrere Zoll lang (Oerstedt,

Digitized by Google

s. auch Schw. und Mein. n. J. III. 129.). Nach Grotthuß (eb. I. 493) zeigt ein nasser Bindfaden statt einem Metalldraht angewandt, dieselben Erscheinungen, nur schwächer, als jener. Dagegen wird die Wirkung nach Yelin (Gilb. nn. A. VI. 403) schon aufgehoben, wenn die Drahtenden in einen Tropfen Wasser, Weingeist, Aether, Oel ꝛc. einander auch so nahe man will, gebracht werden (vergl. Gazzeri, Ridolphi ꝛc. eb. XI. 261). Concentrirte Schwefelsäure in Strecken von 6 bis 8 Linien angewandt, wirkt noch sehr merklich auf die Nadel; ebenfalls concentrirte Lösungen von Chlorincalcium, kohlens. Kali, doch schwächer. Verdünnte Salzlösungen isoliren gleich dem Wasser. Der Schließungsdraht kann auch, unbeschadet seiner Wirkung auf die Nadel, durch eine Strecke Salpetersäure von mehreren Zollen geleitet werden, obgleich das Metall heftig angegriffen wird (Poggendorff). Nach Seebeck (Schw. und Mein. n. J. VII. 32) äussert auch der flüssige Leiter in der Kette magnetische Wirkungen. Die unipolaren Leiter (§. 263. Flamme und Rauch einer Wachskerze, Weingeistflamme, Seife) verhindern die magnetische Wirkung. Schneidet man aber ein Boussolen-Kästchen aus ganz trockener Seife und verbindet es ableitend mit dem Boden, so wird dennoch, wenn man das Kästchen auf den Schließungsdraht setzt, die Nadel eben so gut afficirt, als ob sie in freier Luft über dem Drahte schwebte (v. Yelin). — Der Schließungsdraht wirkt auf die Magnetnadel nach Pictet und de la Rive (Gilb. nn. A. VI. 307) im luftverdünnten Raume der Luftpumpe, wie auch ich bestätigt fand; eben so nach meinen Versuchen im Sauerstoff-, Wasserstoff- und Stickgas, ohne irgend eine Verschiedenheit zu zeigen. Desgleichen wirkt er nach Oersted durch Glas, Metalle, Holz, Wasser, Harz, durch töpferne Gefäße und durch Steine hindurch, und eben so wenig schwächen die Wirkung ein Elektrophor, eine Porphyrplatte und ein irdenes Gefäß, selbst nicht wenn es voll Wasser ist. Auch wird die Wirkung nicht gestört, wenn der Schliessungsdraht an irgend einer, oder an mehreren Stellen zugleich glühend gemacht wird (Yelin). In dem Moment aber, wo die Säule unächtes Blattgold verbrennt, vermag sie nach Schweigger (dess. n. J. I. 41) auch nicht die leiseste Bewegung einer Magnetnadel hervorzubringen, selbst nicht mit Hülfe des Multiplicators (§. 411.). — Die Intensität der elektromagnetischen Wirkung scheint sich nach Hansteen (Gilb. nn. A. X. 178) umge-

Digitized by Google

kehrt zu verhalten, wie die einfachen Abstände vom Schließungsdraht. Kräftige Apparate wirken übrigens noch in beträchtlichen Entfernungen auf die Magnetnadel: so ein Apparat mit einer Zinkplatte von 100 Quad. Zoll (flüssiger Leiter: gleiche Theile Schwefelsäure und Salpetersäure mit 60 Th. Wasser verdünnt) noch in einer Entfernung von 3 Fuß sehr deutlich.

§. 405.

Um diese Erscheinungen auf einen allgemeinen Ausdruck zurück zu führen, müssen wir 1) auf die Richtung der, von den beiden Polen der Säule ausgehenden, elektrischen Ströme; 2) auf die Lage des Schließungsdrahts in Beziehung auf die Magnetnadel, Rücksicht nehmen.

§. 406.

Die Franklin'sche Hypothese (§. 257.) läßt die Vorstellung eines vom + Pole aus, durch dessen Leitungsdraht sich bewegenden elektrischen Stromes zu; dagegen nimmt die Symmer'sche Hypothese zwei entgegengesetzt elektrische, von beiden Polen der Säule ausgehende Ströme an, welche in der vollkommen geschlossenen Säule so lange in entgegengesetzten Richtungen sich verbreiten, als ihre Wirksamkeit dauert. Abstrahiren wir hier und in den folgenden §§. von dem negativ elektrischen Strome, und bleiben wir bloß bei dem, von dem Zinkpol ausgehenden, positiven stehen: so können wir als allgemeine Regel folgendes festsetzen: Geht der Strom von Süd nach Nord, und befindet sich der Draht 1) über der Magnetnadel, so wird ihr Nordpol nach West abgelenkt; befindet er sich 2) unter der Nadel, so wird derselbe Pol nach Ost getrieben; befindet er sich 3) mit der Nadel in gleicher Höhe und östlich, so findet keine Abweichung statt, aber die Nadel neigt sich in einer verticalen Ebene und ihr Nordpol geht alsdann in die Höhe; ist er 4) in gleicher Höhe mit der Nadel, aber westlich, so neigt sich die Nadel ebenfalls, aber ihr Nordpol wird herabgedrückt. Ist hingegen der elektrische Strom von Nord nach Süd gerichtet, so sind

Digitized by Google

alle Abweichungen der Nadel den eben angegebenen entgegengesetzt.

Diese Ablenkungen der Magnetnadel lassen sich allgemein nach folgendem Gesetz erkennen: Man versetze sich in Gedanken in den + elektrischen Strom, so daß dessen Richtung von den Füßen nach dem Kopf gehe, und denke sich, man habe das Gesicht nach der Magnetnadel zu gekehrt, so wird stets der Nordpol derselben nach der linken Hand zu abgelenkt.

§. 407.

Um diese elektromagnetischen Erscheinungen hervorzubringen, ist ein einziges Plattenpaar hinreichend, und obgleich sie desto ausgezeichneter erfolgen, je größer die Platten sind, und je größer folglich die Berührungsfläche derselben mit dem feuchten Leiter ist, so zeigen sie sich doch schon, wenn die beiden Metalle nur in sehr kleinen Stücken angewendet werden *). Die Anzahl der Plattenpaare vermehrt nicht nur nicht die elektromagnetischen Wirkungen, sondern sie schwächt sogar dieselben: eine Säule aus 200 dreizölligen Zinkkupferplatten, mit Kochsalzlösung aufgebaut, wirkt kaum auf die Magnetnadel. Hieraus folgt, daß diese Wirkungen nicht von der Intensität, sondern von der Quantität der $\dot{E}\dot{E}$ abhängig seyen. Hauptsächlich werden sie aber verstärkt durch gute Leitungsfähigkeit und leichte Zersetzbarkeit des flüssigen Leiters. Diese Wirkungen der Contactelektricität gehören demnach eigentlich zur Cathegorie der chemischen (§. 295.); obgleich hinsichtlich der Anzahl der Plattenpaare ein ganz entgegengesetztes Verhalten statt findet, indem die Dazwischenkunft mehrerer Schichten des feuchten Leiters die Wirkung der ganzen Menge der $\dot{E}\dot{E}$ nicht zu erlauben scheint.

Da die geschlossene Säule keine elektrische Spannung (§. 255.) mehr zeigt, und nicht auf das Elektrometer wirkt, ihre elektromotorische Wirksamkeit sich aber in der Zersetzung zusammengesetzter Substanzen, so wie in der Ablenkung der Magnetnadel offenbart: so kann die Intensität gar keinen Einfluß auf die Richtung der

Digitized by Google

Magnetnadel haben; und diese Wirkung kann bloß von dem elektrischen Strom abhängen. Ist der flüssige Leiter des Apparats Wasser, das kaum eine Zersetzung erleidet, so wird auch die Magnetnadel von dem Schließungsdrahte nur sehr schwach abgelenkt; gießt man aber zum Wasser Salpetersäure, so wird nicht nur die Zersetzung des Wassers beschleunigt, sondern zugleich auch die Ablenkung der Magnetnadel vergrößert.

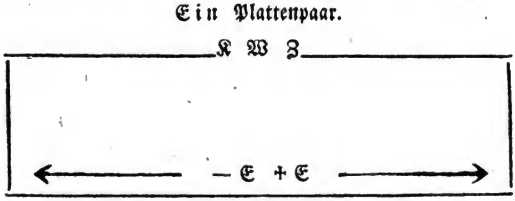
*) Schweigger (dess. n. J. I. 2) bemerkte schon eine Einwirkung auf die Magnetnadel, als er kleine Streifen von Zink und Kupfer in Salmiakwasser getaucht anwendete. — Die Magnetnadel dient demnach als ein höchst empfindliches Elektrometer für die geschlossene Kette. (S. unten §. 411.)

§. 408.

In Beziehung auf die Richtung der beiden elektrischen Ströme (§. 406.) ist zu erinnern, daß sie sich rein entgegengesetzt sind, je nachdem ein einziges Plattenpaar, oder mehrere zu einer Säule verbundene Plattenpaare die elektromagnetischen Erscheinungen hervorrufen.

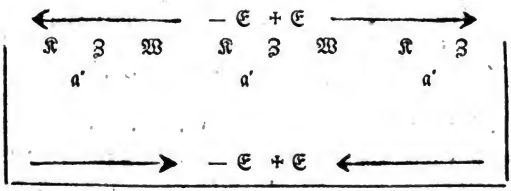
Es erfolgt nämlich bei einem Plattenpaar der Contact der Metalle nur allein in dem Schließungsdrahte: wir wollen ihn in der unten stehenden Figur in a annehmen. So werden demnach die dadurch erregten entgegengesetzt elektrischen Ströme den Richtungen, wie die Pfeile anzeigen, folgen. Bei mehreren Plattenpaaren hingegen findet der Contact der Metalle bei a', a', a' statt, die äusserſten Platten bilden die Pole der Säule, von welchen aus die elektrischen Ströme durch den Schließungsdraht in den entgegengesetzten Richtungen, wie man aus den Pfeilen der zweiten Figur ersieht, sich verbreiten.

Ein Plattenpaar.



Digitized by Google

Mehrere Plattenpaare.



Aus dieser letzten Figur ersieht man zugleich, daß die Richtungen der elektrischen Ströme innerhalb und ausserhalb der Säule sich entgegengesetzt sind. Um nun beides in eins zusammen fassen, und die Richtung des elektrischen Stromes stets erkennen zu können, braucht man die Erklärung bloß so zu fassen, daß man darunter diejenige Richtung versteht, in welcher der Wasserstoff und die Basen bei der Zersetzung des Wassers (§. 331.) und der Salze (§. 336.) sich bewegen: diese Zersetzung gehe an dem Schließungsdrahte oder in den feuchten Leitern zwischen den Plattenpaaren der Säule (§. 301.) vor. Dieses läßt sich mit gewissen Einschränkungen ebenfalls anwenden auf ein Plattenpaar. Setzen wir, der feuchte Leiter zwischen den beiden Metallplatten sey durch eine Säure geschärftes Wasser: so ist zu unterscheiden die Wasserstoffgasentwicklung, welche am Zink erfolgt, noch ehe die Kette geschlossen wird, von der, welche am Kupfer eintritt, nach Schließung der Kette. Jene ist eine Folge der chemischen Einwirkung des Zinks auf das Wasser; diese rührt von der durch die Elektricitätserregung herbeigeführten Wasserzerlegung her; mithin kann nur diese letztere in Betracht gezogen werden, um die Richtung des + elektrischen Stroms zu erkennen. Uebrigens kann bei einem Plattenpaar bloß von einer Zersetzung in dem feuchten Leiter zwischen den beiden Metallplatten die Rede seyn, da an dem Schließungsdrathe, wegen des hier nothwendigen metallischen Contacts, nie eine Zersetzung erfolgen kann.

§. 409.

Auch Ketten der zweiten Ordnung (§. 311.) wirken ablenkend auf die Magnetnadel *), ja sogar einzelne metallische Leiter, wenn Lösungen von Säuren, Alkalien und Salzen

chemiſch auf ſie einwirken **). Dagegen zeigen ſelbſt die kräftigſten ſogenannten trocknen Säulen (§. 309.) durchaus keine Wirkung †). Dieſen entgegengeſetzt verhält ſich aber die zweigliedrige Zamboniſche Säule (§. 311.) ††).

*) v. Yelin in Gilb. nn. A. VI. 401. Nach Erman (a. u. a. O. S. 106, oder in Gilb. nn. A. VII. 423) geben Ketten aus Säuren und Baſen bei ganz geringen Dimenſionen die entſchiedenſten Abweichungen. Vergl. auch Becquerel am, im folgenden §. a. O. 152.

**) v. Yelin üb. magnetomotoriſche Wirkung der flüſſigen Säuren, Baſen und Salze mittelſt einfacher metalliſcher Leiter eb. XIII. 340 u. 365. Tauchte er z. B. zuerſt das Nordpolende eines etwa 2 Fuß langen Streifens Stanniol, der genau in dem magnetiſchen Meridian ſich befand, in reine Salzſäure, und ſodann das Südpolende, ſo tief es angeht, ſo wich der Nordpol der Nadel gen Oſt ab. Wurde dagegen zuerſt das Südpolende und hintenher das Nordpolende eingetaucht, ſo wich der Nordpol der Nadel gen Weſten ab. Reines Ammoniak, Natron und Salmiaklöſung wirkten eben ſo; dagegen (?) reines Kali umgekehrt.

†) Nach Erman (a. u. a. O. S. 70, oder in Gilb. nn. A. VII. 422) zeigte ſelbſt eine ſolche Säule aus 12000 Plattenpaaren keine Spur von magnetiſcher Wirkung. Vergl. Böckmann in Schw. und Mein. n. J. I. 34.

††) Oerſted (Schw. u. Mein. n. J. III. 163) bemerkte die Einwirkung einer ſolchen Säule auf die Magnetnadel mittelſt des Multiplicators (§. 411.) und zwar geht die Richtung des + elektriſchen Stromes in dem Schließungsdrahte von der breiten Zinkplatte zur ſchmalen, ſo daß ſich alſo jene wie das Kupfer, dieſe wie das Zink verhält. Dagegen erhielt er, wenn die Flüſſigkeit bedeutend viel mehr Säure enthielt, und beſonders wenn ſie erhizt wurde, umgekehrte Wirkungen: nämlich von der breiten Platte die Wirkung des Zinks, und von dem ſchmalen Zinkſtreifen die des Kupfers.

Digitized by Google

§. 410.

Die Thatsache, daß durch bloßen Temperaturunterschied Contactelektricität erregt werden könne (§. 305. §. 362. u. f.), ließ erwarten, daß auch auf diesem Wege Elektromagnetismus hervorzubringen seyn möchte. Seebeck hat diese Vermuthung zur Gewißheit erhoben, indem er zeigte, daß zwei sich berührende Metalle, welche eine ungleiche Temperatur haben, in der That magnetische Wirkungen äussern *). Hiebei ist es besonders merkwürdig, daß die Metalle in dieser Beziehung nicht derselben Ordnung, in welcher sie in der Säule als Erreger wirken, folgen; woraus wir also ersehen, daß mit Aenderung der Temperatur die elektrischen Verhältnisse der Körper, gleichwie ihre Verwandtschaften sich ändern. (Vergl. §. 386. Anm.) Oersted und Fourier **) haben die von einem Metallpaar abhängigen magnetischen Wirkungen zu vervielfältigen gesucht durch Aneinanderreihung mehrerer Metallpaare und sonach eine sogenannte thermo-elektrische Säule construirt. Seebeck ***) fand überdieß noch, daß sich sogar in einem und demselben Metalle durch ungleiche Erwärmung eine magnetische Polarität hervorrufen lasse, wenn dessen Gefüge sehr merklich krystallinisch ist, wobei die verschiedenen Theile eines Krystalls die Rolle zwei verschiedener Metalle zu spielen scheinen. Nach Yelin's †) und Becquerel's ††) Versuchen bringen indeß alle Metalle, also auch solche, bei denen wenigstens kein bestimmtes krystallinisches Gefüge wahrzunehmen ist, magnetische Wirkungen hervor, sobald sie an zwei Stellen ungleichen Temperaturgraden ausgesetzt werden, und zwar verhältnißmäßig desto stärker, je größer in beiden der Wärmeunterschied ist. Letzterer versuchte endlich noch eine thermoelektrische Säule aus bloßen Kupferdrähten, welche ungleich erwärmt werden, zu construiren.

*) Gilb. ann. A. XIII. 115. Wird eine Stange Wismuth oder Antimon an ihren beiden Enden mit einem Kupfer- oder Mössingdraht so versehen, daß letzterer einen Bogen bildet, (der Draht

Digitized by Google

kann um die Enden der Stange bloß gewunden oder auch gelöthet werden) so ist, nach Döbereiner, schon die Wärme der Fingerspitzen, womit man eine der gelötheten Stellen berührt, hinreichend, eine zwischen beide Metalle gebrachte Magnetnadel zu einer Abweichung zu bringen; in hohem Grade wird sie verstärkt, wenn man einige Augenblicke lang die Flamme der Spirituslampe darauf wirken läßt. — Raschig eb. 339. — Van Beck neue thermo-elektrisch-magnetische Wirkungen eb. 433.

**) Sur quelques nouvelles Expériences thermo-électriques faites par M. le Baron Fourier et M. Oersted in den Ann. de chim. et de phys. XXII. 375. Sie bildeten aus abwechselnd aneinander gelötheten Wismuth- und Antimonstangen z. B. ein Sechseck, dessen eine Seite über die Magnetnadel und in deren Richtung gebracht wurde. Als sie nun nach einander eine, zwei und drei alternirende Löthungen erhitzten, trat jedesmal eine Zunahme in der Abweichung der Magnetnadel ein. Dasselbe fand statt, als sie umgekehrt die Löthungen durch schmelzendes Eis erkälteten, nur in umgekehrter Ordnung. Durch Verknüpfung der Wirkung des Eises mit der der Hitze, brachten sie eine Abweichung der Magnetnadel bis auf 60° zu Wege; gleichwohl bringt ein solcher Apparat weder chemische Wirkungen, noch merkliche Feuererscheinungen hervor. Uebrigens ist die Wirkung eines solchen zusammengesetzten elektromagnetischen Kreises viel geringer, als die Summe der einzelnen Wirkungen, welche dieselben Elemente (Stangenpaare) einzeln angewandt hervorbringen würden. Sie fanden ferner, daß die durch den thermo-elektrischen Kreis bewirkten Abweichungen der Magnetnadel mit der Zahl der Elemente zunehmen, wenn die Länge des Kreises dieselbe bleibt, hingegen schwächer werden, sobald sich die Länge vermehrt. Die von der Länge des Kreises und von der Zahl der Elemente abhängigen Wirkungen halten sich indeß gegenseitig das Gleichgewicht. So bleibt die Wirkung eines Apparats dieselbe, wenn die Länge seines Umkreises in demselben Verhältnisse zunimmt, als die Zahl der Elemente, oder mit andern Worten: Elemente von gleicher Länge bilden Kreise, welche gleiche Abweichungen hervorbringen, wie groß auch die Zahl dieser Elemente seyn mag. Um daher sehr starke magnetische Wirkungen hervorzubringen, müßte man sehr kurze Elemente anwenden, wobei nur der Nachtheil eintreten würde,

Digitized by Google

daß sich die Temperaturunterschiede in dem Apparate bald ausgleichen würden. — Weitere Untersuchungen ergaben, daß ein solcher Apparat aus 13 Stangenpaaren weder auf das Elektrometer wirkte, noch einen Platindraht von $\frac{1}{10}$ Millimeter Dicke zum Glühen brachte, während er die Magnetnadel um 28° ablenkte. Dagegen machte ein hydro-elektrischer Apparat (damit bezeichnet nämlich Oersted die gewöhnliche galvanische Kette oder Volta'sche Säule im Gegensatz von jenem Apparat, den er den thermo-elektrischen nennt), welcher eine gleiche Wirkung auf die Magnetnadel äusserte, denselben Platindraht vollkommen glühen. Ueberhaupt ergibt sich aus der Vergleichung der Wirkungen des thermo-elektrischen Apparats mit denen des hydro-elektrischen, daß in jenem eine viel größere Menge E enthalten sey, als in irgend einem hydro-elektrischen Apparate von gleicher Größe; daß dagegen die Intensität der E in diesem bei weitem größer, als in jenem sey. Uebrigens scheint die Intensität in ersterem eben so wie in der Säule (§. 297.) mit der Zahl der Elemente zu wachsen. —

Wir stoßen demnach hier auf einen ähnlichen Unterschied hinsichtlich der Capacität und Intensität der E, wie oben (§. 355.). Unter allen Erregungsarten der E liefert uns folglich der thermo-elektrische Kreis die größte Menge E von der geringsten Intensität.

Vergl. auch De la Borne sur les Phénomènes thermo-électriques, eb. XXII. 432.

***) Notiz von neuen elektrisch-magnetischen Versuchen des Herrn Seebeck, mitgetheilt von Hrn. Oersted, eb. XIII. 430.

†) Dess. neue Versuche über die magnetomotorische Eigenschaft der bisher sogenannten unmagnetischen Metalle eb. XIII. 361. Der Thermo-Magnetismus der Metalle, eine neue Entd. von Ebend. eb. 415. Wismuth wirkt unter übrigens gleichen Umständen am stärksten, Blei am schwächsten. Die Reihe der Wirksamkeit für die einzelnen Metalle scheint folgende zu seyn: Wismuth, Antimon, Zink, Silber, Kupfer, Platin, Mössing, Gold, Zinn, Blei. Eine Eisenstange wird im Zustande des Rothglühens stets zum Magnete, nur den einzigen Fall ausgenommen, wenn sie während des Glü-

Digitized by Google

hens, oder Herausnehmens aus dem Feuer, oder Löschens, dem magnetischen Aequator parallel gelegen hat. Eben so kann man mittelst des durch eine Linse concentrirten Sonnenlichtes, oder mittelst der Flamme des Löthrohrs nicht nur Stahldraht, sondern auch Nickeldraht entschieden magnetisch machen. Hieraus scheint hervorzugehen, daß in Morichini's Versuchen (S. Schw. J. VI. 327, eb. VIII. 352, eb. IX. 215 u. 335, und Gilb. n. A. XIII. 212, eb. XV. 338. u. XVI. 337 u. 367) nicht das violette Licht in specifischer Natur, sondern überhaupt nur die Wärme die Magnetisirung seiner Stahlnadeln bewirkt habe.

††) Du Développement de l'électricité par le contact de deux portions d'un même métal, dans un état suffisamment inégal de température; des piles voltaïques construites avec des fils d'un même métal et même avec un seul fil, et de quelques Effects électriques qui naissent dans les combinaisons chimiques in Ann. de chim. et de phys. XXIII. 135.

§. 411.

Schweigger *) und Poggendorf **) (letzterer, wie es scheint, unabhängig von jenem) haben eine Vorrichtung angegeben, die magnetischen Wirkungen eines Schließungsdrahtes beträchtlich zu verstärken, so daß man selbst die geringsten Spuren von Contactelektricität in ihrer Einwirkung auf die Magnetnadel bemerklich machen kann. Diese Vorrichtung nennt man einen elektromagnetischen Condensator, oder vielleicht zweckmäßiger Multiplicator. Das Princip dieses äusserst nützlichen Apparats besteht in einer mehrmaligen Umschlingung der Drähte um die Magnetnadel.

*) In dess. n. J. I. 12. und eb. II. 47. Mössingener Klavierdraht wird mit Seide umsponnen, damit die EE sich nicht seitwärts mittheilen können, und 50, 100, 200 ꝛc. Mal um einen cylindrischen Körper herumgewunden. Die Gewinde hält man in ihrer Lage zusammen durch seidene Bänder, und läßt die beiden Enden des Drahts frei. Werden nun diese Enden mit den beiden Polen eines Elektromotors verbunden, so muß der elektrische Strom das

ganze Gewinde in einem Kreiſe, oder zweckmäßiger in einer Ovale, wenn man den Kreis etwas zuſammengedrückt hat, durchlaufen, und die geſammte Wirkung des elektriſchen Stromes auf eine, in dem Mittelpunkte der, in einer Verticalebene befindlichen, Ovale, angebrachte Magnetnadel iſt gleich der Summe der Wirkung jedes einzelnen Gewindes. Beim Gebrauche wird dann ſtets der Multiplicator in den magnetiſchen Meridian geſtellt, ſo daß alſo die obere und untere lange Seite der Ovale mit der Magnetnadel in einer Verticalebene ſich befinden. Wenn die Zahl der Gewinde 60 bis 100 iſt, ſo kann man Wirkungen von Zink- und Kupferſcheiben, von kaum $\frac{1}{4}$ Quad. Zoll Fläche, zwiſchen welchen ſich an der Zunge befeuchtetes Löſchpapier befindet, auf die Magnetnadel hervorbringen. Iſt der elektromotoriſche Apparat etwas ſtärker, ſo kann man die Magnetnadel mehrere Stunden lang in umgekehrter Richtung, den Nordpol nach Süden gekehrt, erhalten. — Kämtz (üb das Geſetz, nach welchem die elektromagnetiſche Kraft des Schließungsdrahtes der Säule durch Schweigger's Multiplicator verſtärkt wird; eb. VIII. 100.). fand, daß dieſe Verſtärkung im geraden Verhältniſſe der Zahl der Gewinde erfolge. Poggendorff (a. u. a. O. 696) zeigte jedoch, daß ſie nicht ins Unbeſtimmte fortgehe, ſondern ein von dem jedesmaligen Verhältniß der Größe der Platten und der Stärke des Leitungsdrahtes abhängiges Maximum habe. — Vergl. Oerſted sur le Multiplicateur électro-magnétique de Mr. Schweigger, et sur quelques applications qu'on en a faites, in Ann. de chim. et de phys. XXII. 358.

**) eb. II. 42. u. Gilb. nn. A. VIII. 206.

§. 412.

Abgeſehen von der wichtigen Anwendung dieſes Multiplicators in elektromagnetiſchen Verſuchen überhaupt, ſcheint er auch für den Chemiker eine nicht geringe Wichtigkeit darin zu gewinnen, daß wir durch ſeine Hülfe auch die ſchwächſte elektromagnetiſche Wirkung, welche durch Berührung zweier verſchiedenartiger Metalle erregt wird, noch an der Magnetnadel wahrnehmen, und daraus das elektriſche Verhalten der-

Digitized by Google

selben eben so leicht, oder vielleicht leichter bestimmen können, als dieß auf elektrometrischen Wege geschehen kann. Poggendorff *), so wie Avogadro und Michelotti **) haben ihn auch zu diesem Zweck angewendet.

*) Oken's Isis Jahrg. 1821. Heft 8. S. 703. Auf diesem magnetischen Wege bestimmte Poggendorff die elektrische Reihe der Metalle, welche von der oben (§. 290.) angegebenen, auf elektrometrischem Wege bestimmten abweicht; ausserdem aber eine größere Anzahl Metalle umfaßt. Vom positivsten Metall angefangen, folgen sich die Metalle in folgender Ordnung:

Zink	(1)	
Cadmium		
Mangan		
Blei	(2)	
Zinn	(3)	
Eisen	(4)	Stahl
Uran		Mössing
Kupfer	(6)	Magneteisenst. — Kupfernickel
Kobalt	(8)	
Wismuth	(5)	
Antimon	(9)	
Arsenik	(10)	
Chrom		
Silber	(12)	
Nickel	(7)	
Queckfilber	(11)	Schwefelkupfer — Schwefelkies
Tellur		
Gold	(13)	Bleiglanz — Kohle
Platin	(14)	Graphit — Braunstein.

**) Annal. de chim. et de phys. XXII. 364. Dieselben haben mit einer kleineren Anzahl Metalle ähnliche Versuche angestellt. Die in obiger Reihe beigesetzten Zahlen zeigen die Ordnung an, wie sie von ihnen bestimmt worden ist.

Auf gleiche Weise bestimmte Poggendorff das elektrische Verhalten verschiedener feuchter Leiter, die mit homogenen Metallen oder auch Platten von Kohle und Graphit zu Ketten der zweiten

Digitized by Google

Ordnung (§. 311.) verbunden wurden. Wir wollen hier nur bemerken, daß in allen Fällen, wo er Säure und Alkali zugleich anwendete, erstere — elektrisch, letzteres + elektrisch sich zeigte. (Vergl. §. 288. u. 349.)

§. 413.

Da ein Körper einen andern nicht in Bewegung setzen kann, ohne selbst bewegt zu werden, wenn er beweglich ist, so konnte man leicht voraus sehen, daß auch der Schließungsdraht sammt dem ganzen geschlossenen Kreise, wenn er um seinen Schwerpunct sehr leicht drehbar wäre, von einem Magnete in drehende Bewegung gesetzt werden würde. Dieß ist auch in der That mehreren Naturforschern, wie Oersted, Erman u. a. gelungen.

Oersted a. a. O. 367. Erman's Umrisse zu den physischen Verhältnissen des von Oersted entdeckten elektrochemischen Magnetismus. Berlin 1821. 1. Abschn. Beobachtungen an einer frei aufgehängten elektrisch chemischen Kette, oder Rotations-Apparat, S. 7 ff. Auszugsweise und mit Anmerk. von Gilbert in dessen ann. A. VII. 382 (vergl. eb. 220) und von Schweigger in dessen n. J. II. 38. — Reef (eb. I. 20) fand, daß eine Zinkfilbernadel, gekrümmt durch Kork gesteckt und mit den unverbundenen Enden in eine saure Flüssigkeit getaucht, durch einen ihr genäherten Magnet sich nach diesem zu wenden bestimmt werde. — De la Rive in Gilb. ann. A. IX. 81.

§. 414.

Ampère*) fand, daß zwei einander nahe parallele Metalldrähte, längs denen gleichnamig elektrische Ströme hinlaufen, sich anziehen, wenn diese Ströme einerlei Richtung haben; dagegen sich abstoßen, wenn die Richtungen der Ströme einander entgegengesetzt sind.

*) Ueber die gegenseitigen Wirkungen, welche auf einander ausüben zwei elektrische Ströme, ein elek-

Digitized by Google

trischer Strom und ein Magnet oder die Erdkugel, und zwei Magnete. Erste Hälfte (vorgelesen in der paris. Akad. d. 2. Octob. 1820) Gilb. nn. A. VII. 113. Zweite Hälfte (vorgel. ebend. d. 9. Oct., 30. Oct. und 6. Nov.) — Dieses Anziehen und Abstoßen ist wesentlich verschieden von dem, welches die E E im Zustande der Ruhe bewirken. Erstens hört es augenblicklich auf, gleich den chemischen Wirkungen, sobald man den leitenden Kreis unterbricht. Zweitens zeigt es sich von dem gewöhnlichen elektrischen Anziehen und Abstoßen darin wesentlich verschieden, daß es einzig und allein von der Richtung der elektrischen Ströme abhängig ist, während bei dem gewöhnlichen gleichnamige E E sich abstoßen, und ungleichnamige E E sich anziehen. Drittens bleiben in dem Fall, wo eine bis zur gegenseitigen Berührung gelangende Anziehung statt findet, beide an einander wie zwei Magnete hängen, indeß ein + und — elektrisirter Leiter, die sich anziehen, nach der Berührung sich sogleich wieder trennen. Viertens geht das Anziehen und Abstoßen zwischen zwei elektrischen Strömen im luftleeren Raume gerade so vor, als in der Luft, welches dem Verhalten zweier, auf die gewöhnliche Weise entgegengesetzt elektrisirter Leiter entgegen ist.

§. 415.

Arago *), Seebeck **) und H. Davy ***) bemerkten, daß der Schließungsdraht (gleichviel von welchem Metall er ist) Eisenfeile anzieht, welche um ihn eine Hülle bilden kann, die 10 — 12 Mal dicker als er selbst ist, und so lange festsitzend bleibt, als die elektrische Entladung dauert, sogleich aber abfällt, wenn die leitende Verbindung aufgehoben wird. Ebendieselben fanden, daß nicht magnetische Stahlnadeln eine bleibende magnetische Polarität annehmen, wenn sie in transversaler Richtung dem Entladungsdrahte nahe gehalten werden; denn unmittelbare Berührung ist nicht einmal nöthig. Die Wirkung geschieht augenblicklich, auch dann, wenn die Nadeln durch dicke Glasplatten von dem Schließungsdrahte getrennt sind, und man bemerkt keine Zunahme des Magnetismus, wenn die Nadeln lange mit dem Drahte in Berührung bleiben. Wenn hingegen andere nicht

Digitized by Google

metallische, aber doch gute Leiter den Schließungsdraht unterbrechen, so zeigen sich keine magnetisirenden Kräfte †). Gleichwohl wird der zwischen den Kohlenspitzen, womit die beiden Schließungsdrähte einer mächtigen Säule versehen sind, im luftverdünnten Raume sich bildende Flammenbogen oder die Säule elektrischen Lichtes, von einem sehr kräftigen Magnet angezogen ††).

*) Versuche üb. die Magnetisirung des Eisens u. des Stahls durch den Strom Volta'scher Batterien (der Akad. vorgelesen am 25. Sept. 1820). Gilb. nn. A. VI. 311.

**) Ueber den Magnetismus der galvanischen Kette, (der Berl. Akad. vorgel. am 14. Dec. 1820) in den Abhandl. der physikal. Klasse d. Akad. aus den Jahren 1820 — 21. Im Auszuge in Schw. u. Mein. u. J. II. 27. u. VII. 21. — Seebeck fand, daß Stahlnadeln, welche um einen von Süden nach Norden gerichteten kupfernen Schließungsdraht (in welchem der + elektrische Strom der eben angegebenen Richtung folgt) so im Kreise herum geführt werden, daß sie auf der obern Fläche des Schließungsdrahtes die Richtung von Osten nach Westen nehmen, in der Art magnetisch werden, daß das Ende derselben, mit dem man zu streichen aufhört, jedesmal einen Südpol erhält; dagegen einen Nordpol, wenn man die Nadeln in entgegengesetzter Richtung um den Schließungsdraht herumführt. — Die magnetische Kraft eines kupfernen Schließungsdrahtes einer einfachen Kette, deren mit dem flüssigen Leiter in Berührung stehenden Metallflächen 214 Quad. Fuß ausmachten, zeigte sich so stark, daß ein Anker von weichem Eisen, 130 Gran an Gewicht, von dem Drahte getragen wurde, als man denselben auf die gewöhnliche Weise armirte, wie man Magnetsteine zu armiren pflegt.

***) Ueber die magnetischen Erscheinungen, welche durch die E hervorgebracht werden (ein Schreiben an Wollaston dat. 12. Nov. 1820), Gilb. nn. A. XI. 225. Davy befestigte Stahlnadeln mittelst feinem Silberdraht an den silbernen Schließungsdraht in verschiedenen Richtungen, theils demselben parallel, theils mehr oder weniger in die Quere, theils über, theils unter demselben, und fand, daß sie alle magnetisch wurden.

Digitized by Google

Die mit dem Drahte parallelen zogen die Eisenfeile eben so an, als der Draht, alle aber, welche an ihm in der Quere saßen, zeigten zwei Pole, und der Nordpol lag in allen, unter dem Drahte in Querrichtungen befestigten, Nadeln an der Südseite, in allen über dem Drahte befestigten an der Nordseite. Nach dem Trennen der Schließung behielten alle Nadeln, welche in Querrichtungen an dem Drahte befestigt gewesen waren, ihren Magnetismus ungeschwächt, indeß die parallel an ihm befestigten Nadeln den Magnetismus eben so schnell, als der Schließungsdraht selbst, wieder zu verlieren schienen. Als er kleine Stücke Draht von Platin, Silber, Zinn, Eisen und von Stahl in Querrichtungen an einem Schließungsdrath aus Platin befestigte, zeigten sich bloß an den beiden letzteren Drähten Pole, nicht aber an den übrigen, welche bloß als Theile des Schließungskreises wirkten. Der Stahl behielt nach der Trennung der Kette seinen Magnetismus ungeschwächt; der Eisendraht verlor aber unmittelbar einen Theil seiner Kraft, und in sehr kurzer Zeit seine ganze Polarität. Die magnetisirende Kraft fand Davy proportional der Menge der durch einen gegebenen Raum strömenden E, ohne daß die Art des Metalls, durch welches sie hindurch geht, darauf irgend einen Einfluß hat. Je dünner die Drähte sind, desto stärker ist diesem gemäß ihr Magnetismus. Derselbe scheint auch, wenn der Schließungsdraht derselbe bleibt, genau in dem nämlichen Verhältnisse als die Hitze zu wachsen; und es werde die Hitze des Drahtes auch noch so groß, so schadet sie der magnetischen Kraft nichts: der Draht zieht nicht nur große Massen von Eisenfeile, sondern selbst kleine Stahlnadeln aus einer bedeutenden Entfernung an. Vergl. auch Schweigger hierüber in dess. J. I. 17. Dieses Letztere ist ganz entgegen dem Verhalten eines Magnets gegen die Wärme (§. 398.), und deshalb um so merkwürdiger. — Schließlich ist hier noch zu bemerken, daß Mojon zu Genua und Romanesi zu Trident, schon vor allen oben genannten Physikern, die magnetisirende Kraft der Säule bemerkt haben, ohne aber diese Entdeckung weiter zu verfolgen. Traité sur le Galvanisme publié par le Prof. Aldini, à Paris en 1804. P. 191. edit. 4.° Vergl. auch Gilb. nn. A. VIII. 208.

†) Die magnetischen Erscheinungen sind überhaupt ganz dieselben, sie mögen herrühren von einer kleinen Menge E, welche durch

gute Leiter von beträchtlicher Größe hindurchgeht, oder von einer großen Menge E, welche durch Körper von so geringem Leitungsvermögen hindurchzugehen strebt, daß von ihr nur eine geringe Menge zugleich hindurch gelangt. In beiden Fällen ziehen die Leiter weder einander selbst, noch Eisenfeile an, noch wirkt auf sie der Magnet. So bewirkt nach Davy (a. a. O. 242) selbst ein großes Stück Kohle, in den Schließungsbogen einer mächtigen Säule gebracht, in einer Magnetnadel gar keine Ablenkung (jedoch ohne Anwendung des Multiplicators; s. §. 404. Anm.), wenn sie nicht den metallischen Theil des Bogens in einer sehr großen Fläche berührt; und ein kleiner Draht, den man mit der Kohle, während sie im geschlossenen Kreise ist, nur in wenig Puncten in Berührung bringt, zieht gar keine Eisenfeile an, und zeigt diese Wirkung schwach nur dann, wenn man das Ende der Kohle mit einem Platinblättchen umlegt, und der Draht dieses berührt. Eben so wenig äussert geschmolzenes Kalihydrat, welches einer der besten unter den unvollkommenen Leitern ist, in der Schließungskette die geringste Anziehung auf Eisenfeile; auch lassen sich nicht in dem Kreise befindliche, mit Kalilösung benetzte Baumwollen-Fasern von einem Magnet in Bewegung setzen; endlich nehmen auch nicht Stahlnadeln, welche mittelst Kork auf einer in dem geschlossenen Kreise befindlichen Kalilösung schwimmen, Polarität an.

††) Davy a. a. O. 244.

§. 416.

Arago und Ampère zeigten aber, daß eine viel stärkere Magnetisirung bewirkt werden könne, wenn man den Schließungsdraht in eine Schraubenlinie windet, und in dieselbe eine, in eine Glasröhre eingeschlossene, Stahlnadel legt. Ist die Schraubenlinie rechts gewunden, wie eine gewöhnliche Schraube, so erhält die Nadel einen Nordpol nach dem — Pol der Säule zuwärts; dagegen wird ihr nach dieser Seite zugekehrtes Ende in einer links gewundenen Schraubenlinie ein Südpol. Werden an demselben Schließungsdraht eine rechts und eine links gewundene Schraubenlinie

Digitized by Google

angebracht, und in beide Stahlnadeln gelegt, so werden sie gleichzeitig, aber in entgegengesetzten Richtungen, magnetisch.

An der Aussenseite der Schraubenlinie erhält die Nadel bei weitem nicht so starke magnetische Polarität, wie im Innern derselben. Auch ist die Polarität, welche die Nadel auf der äussern Seite bekommt, derjenigen, die sie im Innern erhält, entgegengesetzt. — A. a. O. VI. 313.

§. 417.

Faraday, ein englischer Chemiker, machte die Entdeckung, daß ein Schließungsdraht und ein Magnetpol, einer um den andern in die Runde herum laufen, wenn einer beweglich, und dem andern nahe ist, und beide in verticalen Stellungen sich befinden. Die Richtung, in welcher das Kreisen des Schließungsdrahts oder des Magnets erfolgt, hängt davon ab, ob der + elektrische Strom von oben nach unten oder umgekehrt von unten nach oben geht, und welcher Magnetpol wirkt. Ist der Magnetpol fest und der Schließungsdraht beweglich, und geht der + elektrische Strom von unten nach oben, so erfolgt das Umherkreisen des Schließungsdrahts um den Nordpol des Magnetstabs in der Richtung, in welcher sich eine gewöhnliche, auf einer horizontalen Fläche senkrecht befestigte Schraube aufschraubt; um den Südpol aber in der Richtung, in welcher sich eine solche Schraube zuschraubt. Die entgegengesetzten Bewegungen finden statt, wenn der + elektrische Strom von oben nach unten geht. Ist umgekehrt der Schließungsdraht fest und der Magnet beweglich, und geht der + elektrische Strom wiederum von unten nach oben, so bewegt sich der Nordpol des Magnets ebenfalls in der Richtung, in welcher sich jene Schraube aufschraubt, der Südpol aber in entgegengesetzter Richtung; bei verkehrten Strömen der E findet das Umgekehrte statt.

Digitized by Google

Faraday üb. elektrisch-magnetische Bewegungen und die Theorie des Magnetismus in Gilb. nn. A. XI. 124. Nachtrag eb. XII. 113. — Es ist schwierig, ohne Zeichnung die verschiedenen Apparate zu beschreiben, welche ausgedacht worden sind, um diese elektromagnetischen Bewegungen hervorzubringen, und streng genommen gehört dieses auch nicht hierher. Es sey indeß erlaubt, der einfachsten Vorrichtung, um das Kreisen eines Magnets zu bewirken, mit einigen Worten zu gedenken. Einen leichten Magnet, z. B. eine magnetisirte Nähnadel, beschwert man an dem einen Pole mit einem darum gewundenen Platindraht, so daß er lothrecht in Quecksilber schwimmt, und der andere Pol sich eben über der Quecksilberfläche befindet. Wird nun das Quecksilber mit dem einen, ein lothrecht in demselben stehendes Drahtstäbchen mit dem andern Metall des Elektromotors verbunden, und der schwimmende Magnet dem Stäbchen genähert, so fängt der obere Pol sogleich an um diesen Draht in die Runde zu laufen, während der untere in einem solchen Abstande erhalten wird, daß er keine störende Wirksamkeit äussern kann. Diese Bewegung dauert so lange fort, als die elektrische Entladung währt. — Ampère's Apparat das Kreisen von Schließungsleitern um magnetische Körper zu zeigen, u. Kreisen derselben durch bloßen Erdmagnetismus eb. XI. 172. Weitere Abhandlungen über diesen Gegenstand von Ampère eb. XII. 32 u. 257. Vergl. auch eb. 223.

§. 418.

Da nach §. 407. die Menge der E, nicht ihre Intensität zur Erregung des Elektromagnetismus erforderlich ist, so muß man erwarten, daß das Durchströmen der Frictionselektricität durch einen Leiter nur mit schwachen magnetischen Wirkungen verbunden seyn werde. Dieß bestätigt denn auch so weit die Erfahrung, daß durch die an der Elektrisirmaschine erregte E auf keine Weise eine Wirkung auf die Magnetnadel hervorzubringen ist *). Nichts desto weniger ist man im Stande, durch die Frictions-E Stahlnadeln auf ähnliche Weise zu magnetisiren, wie durch den elektrischen Strom der Säule, und zwar nicht bloß durch die verstärkte E, sondern

Digitized by Google

auch durch den einfachen Funken, und ohne alle Anwendung von Erschütterungsfunken **). G. G. Schmidt scheint auch die Anziehung und Abstoßung nach einerlei oder nach entgegengesetzter Richtung fließender elektrischer Ströme (§. 414.) mittelst Frictions-E bewirkt zu haben †). Auch gelang es ihm, die Kreisungsversuche (§. 417.) mittelst Frictions-E nachzuahmen ††).

*) Oersted (Schw. u. Mein. J. XXIX. 365) fand, daß eine ununterbrochene Reihe von elektrischen Funken auf die Nadel zwar durch gewöhnliche elektrische Anziehung und Abstoßung wirke, aber keine elektrisch-magnetische Wirkung hervorbringe. Schweigger (dess. u. J. I. 5) konnte ebenfalls keine Wirkung auf die Nadel bemerken, als er durch einen, vom positiven zum negativen Leiter gespannten, Draht E strömen ließ. Auch nicht mittelst des Funkens der Kleistischen Flasche (eb. 40). Vergl. Yelin in Gilb. nn. A. VIII. 21. und Ampère eb. IX. 80. Raschig (eb. VII. 428) vermochte auch nicht mittelst des Multiplicators (§. 411.) den Strom einer ziemlich kräftigen Elektrisirmaschine auf die Magnetnadel wirken zu lassen. — Da wir alle chemische Wirkungen der Contactelektricität durch die Frictionselektricität, unter gewissen Bedingungen, nachzuahmen vermögen: so dürfen wir die Hoffnung keineswegs aufgeben, auch noch eine Einwirkung der Reibungselektricität auf die Magnetnadel zu entdecken. Vielleicht möchte uns Wollaston's, mit so vielem Erfolg ausgeführte, Methode, den elektrischen Strom in hohem Grade zu concentriren (§. 323.), dieses Ziel am leichtesten erreichbar finden lassen.

**) Arago (Moniteur universel N. 315. p. 1491, und Gilb. nn. A. VII. 163 Anm.) bewirkte mit Hülfe der Frictionselektricität alle Erscheinungen, welche sich ihm beim Magnetisiren mittelst der Säule gezeigt haben. — v. Yelin (Vers. üb. das Magnetisiren von Stahldraht, eb. VI. 406 u. eb. VIII. 18) bewirkte die Magnetisirung am leichtesten, indem er wie bei der Magnetisirung durch die Säule (§. 416.) die Frictionselektricität durch einen messingenen Schraubendraht leitete. Es zeigte sich an dem dem ersten Leiter zugekehrten Ende der Nadel ein Südpol, wenn die Windungen um die Glasröhre von Links gegen Rechts, wie

Digitized by Google

bei einer gewöhnlichen Schraube die Gewinde; dagegen ein Nordpol, wenn diese Windungen von der rechten zur linken Hand gingen. Ueberhaupt findet man bei den rechts gewendeten Schraubenwindungen den Südpol allezeit auf der Seite, wo der Draht mit dem Funkenzieher verbunden ist, es mag dieses der vordere oder hintere Draht der Glasröhre seyn, der positive Funke also von vorn, oder von hinten in die Glasröhre einströmen; bei den links gewendeten Schraubengängen findet man immer den Nordpol am Eingangsdrahte. — Böckmann Vers. über die Erreg. des Magnet. im Stahl durch Frictionselektricität eb. 9. — Lehot hierüber eb. 306. Pfaff (in Erlangen) Erscheinungen und Gesetze des Magnetisirens von Stahlnadeln mittelst gemeiner E auf einer ebenen Spirale aus Draht eb. IX. 84. u. XIII. 276. — Davy (a. a. O. 232) befestigte auf ähnliche Weise, wie oben §. 415. dritte Anm. gezeigt worden, Stahlnadeln der Quere an einen Draht, und fand, daß sie ganz nach denselben Gesetzen wie im Voltaschen Kreise magnetisch werden. Ist nämlich die positive Belegung der Batterie rechter Hand von dem Beobachter, so erhält das ihm zuwärtsgekehrte Ende einer Nadel, je nachdem sie unter oder über dem Drahte in einer Querrichtung angebracht ist, Nordpolarität oder Südpolarität. Eine stark geladene Batterie von 17 Quad. Fuß Belegung macht, wenn sie durch einen Silberdraht von $\frac{1}{20}$ Zoll Dicke entladen wird, 2 Zoll lange und $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ Zoll dicke Stahlstäbe so stark magnetisch, daß sie kleine Drahtstücke oder Nadeln anziehen. Diese Wirkung wird bis in Entfernungen von 5 Zoll über, unter und neben dem Drahte, durch Wasser oder dicke Glasplatten oder elektrisch-isolirtes Metall hindurch, hervorgebracht. Eine $\frac{1}{4}$ Zoll dicke Säule Schwefelsäure in einer Glasröhre läßt nicht genug E hindurch, um Stahl magnetisch zu machen. — Eine Stahlnadel, welche man in die Entladung der Batterie durch die Luft in eine Querrichtung stellt, wird minder stark magnetisirt, als mittelst der Entladung durch einen Draht. — Stahlstäbe, welche selbst Theile des Entladungskreises ausmachen, zeigen keine Polarität, wenigstens nicht an ihren Enden, und eben so wenig, wenn sie dem Entladungsdrahte

Digitized by Google

parallel sind. — Nach Hill (s. unten) wird sogar der Magnetismus einer magnetisirten Nadel in jeder Stellung durch einen gerade hindurch geleiteten, hinreichend starken Schlag immer nur gestört, ohne daß durch mehrere der entgegengesetzte erregt würde. Zwei an einander befestigte Stahlstäbe, durch deren gemeinschaftlichen Schwerpunct der entladende Draht geht, geben nach dem Entladen wenige oder gar keine Zeichen von Magnetisirung, ehe man sie nicht von einander trennt; dann aber zeigen sich in beiden Nord- und Südpole in entgegengesetzten Lagen, wie es das vorhin angeführte Gesetz fordert. — Van Beek, Moll, van Rees und van den Bos hierüber eb. XII. 12. — Hill (Schw. und Mein. n. J. IV. 290) fand, daß der Erdmagnetismus keinen Einfluß auf den durch Elektrisirung erweckten habe, aber nur, wenn der Versuch nicht zu lange währt.

Daß Stahl und Eisen durch den verstärkten elektrischen Funken magnetisirt werden können, ist übrigens schon eine ältere Erfahrung. Franklin new exp. and obs. on electricity. II. Lett. 5. 89. — Wilke von der Erregung der magnet. Kraft durch die Elektricität in den Schwed. Abh. XXVIII. 306. — Van Marum Beschreibung ꝛc. (§. 320.) S. auch Gilb. A. XXIV. 350. Auch hat man Fälle beobachtet, in denen ein auf ein Schiff treffender Blitz die Pole der Magnetnadel umkehrte, (Philos. Trans. N. 137. p. 647. N. 157. p. 520. N. 457. p. 57. Aepinus von der Aehnlichkeit der elektrischen und magnet. Kraft, Grätz 1771. 8. S. 39) oder auch unmagnetisches Eisen oder Stahl magnetisch machte. Assiot in Schw. u. Mein. n. J. VI. 341.

†) Darstellung der von Ampère aufgefundenen Anziehung und Abstoßung galvanisch-elektrischer Ströme, mittelst gewöhnlicher E, in Gilb. ann. A. VIII. 28.

††) Erläuternde Wiederholung Faraday'scher Vers. u. Darstellung ähnlicher Erfolge mittelst Transversalmagnetismus, der durch Maschinen-E erregt worden; eb. XII. 1.

Wir reihen hier noch die vorzüglichsten Resultate der merkwürdigen neueren Versuche Davy's (fortgesetzte Untersuchungen

Digitized by Google

üb. die magnetischen Erscheinungen, welche durch die E hervorgebracht werden; mit einigen neuen Versuchen üb. das Leitungsvermögen elektrischer Körper für Kräfte und für Temperatur, Gilb. ann. A. XI. 241) an, welche zugleich als eine weitere Auseinandersetzung des in den §§. 319. u. 325. abgehandelten Gegenstandes, und als ein neuer Beweis, in welch nahem Verhältnisse E und Wärme zu einander stehen, zu betrachten sind. Davy fand, daß Drähte, durch welche sich große Mengen E entladen, dem Schmelzen und Zerstäuben (§. 319. u. 325.) desto mehr widerstehen, je dichter das Mittel ist, in welchem sie sich befinden. Daher können sie in Aether, Alkohol, Oel oder Wasser liegend viel stärkere Entladungen, ohne zerstört zu werden, aushalten; daher zeigen sich auch die magnetischen Kräfte des im Wasser befindlichen Drahtes sehr groß. — Mit der Temperatur verändert sich das Leitungsvermögen der Metalle, und zwar nimmt es ab, wenn diese wächst, in irgend einem Verhältnisse zu derselben. So entladet ein 3 Zoll langer und $\frac{1}{220}$ Zoll dicker Platindraht, der unter Oel kalt erhalten wird, vollständig die E zweier Batterien oder von 20 Plattenpaaren, vermag aber in der Luft, in der die Entladung ihn erhitzt, bloß Eine Batterie zu entladen. Hiebei ist es einerlei, ob die Hitze des Drahts durch die E selbst, oder ob sie von irgend einer andern Ursache hervorgebracht wird. So verliert z. B. ein Platindraht, welcher eine gewisse Anzahl von Plattenpaaren entladet, ohne dadurch bedeutend erhitzt zu werden, das Vermögen, die ganze E dieser Säule zu entladen, wenn ein Theil desselben mittelst einer Weingeistflamme rothglühen gemacht wird. Wenn ferner zu dem Schließungsdraht ein 4 bis 5 Zoll langer, so dünner Platindraht genommen wird, daß die E, welche durch ihn hindurch geht, ihn in seiner ganzen Länge rothglühen macht, und bringt man nun irgend einen Theil desselben durch die Flamme einer Spirituslampe zum Weißglühen, so erkaltet augenblicklich der Ueberrest des Drahtes bis unter die Temperatur des sichtbaren Glühens. Hält man dagegen an irgend eine Stelle des rothglühenden Drahtes ein Stück Eis, oder treibt auf sie einen Strom kalter Luft, so werden sogleich alle andere Theile des Drahtes viel heißer, und kommen vom Rothglühn zum Weißglühn. Die Menge von E, welche durch den Theil des Drahtes, dessen Temperatur

Digitized by Google

man von Aussen verändert, hindurchzugehen vermag, ist nämlich um so vieles geringer, wenn dieser Theil heiß, als wenn er kalt ist, daß die absolute Temperatur des ganzen Drahts durch Erhitzung eines Theils desselben vermindert, und umgekehrt durch Erkältung desselben erhöht wird.

Davy fand endlich noch, daß das Leitungsvermögen eines Drahts im verkehrten Verhältnisse seiner Länge, und nahe im geraden Verhältnisse seiner Masse, und also nicht im Verhältnisse der Oberflächen (§. 266.), wenigstens nicht für E dieser Art, stehe.

§. 419.

Nach Darlegung der Grundphänomene des Elektromagnetismus ist uns noch übrig, eine Erklärung von ihnen zu geben, und sie in Zusammenhang mit andern Wirkungen der Elektricität zu bringen. Das ganz Eigenthümliche dieser Erscheinungen veranlaßte mehrere, zum Theil ganz heterogene hypothetische Erklärungen von Seiten derjenigen Naturforscher, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben. Alle diese aufgestellten Hypothesen kritisch zu beleuchten, liegt ausser den Grenzen eines chemischen Werkes; wir begnügen uns daher, sie ganz kurz anzuführen und überlassen es der Zeit, ihre Haltbarkeit oder Unhaltbarkeit darzuthun, um so mehr, da die Sache noch zu neu ist, und ungeachtet der Fülle von zum Theil trefflichen Untersuchungen, welche sie veranlaßt hat, doch noch viel zu thun übrig bleiben möchte, um ihr auf den wahren Grund zu kommen.

§. 420.

Oersted *) von der Erscheinung ausgehend, daß derselbe Theil des Schließungsdrahtes, welcher unter einem Pole der Magnetnadel gestellt, diese nach Osten ablenkt, sie nach Westen treibt, wenn er sich über diesem Pole befindet, stellte

*) Es ist zu erinnern, daß wir bei unsern Betrachtungen unter Nordpol der Magnetnadel stets den gegen den tellurischen Norden, und unter Südpol den gegen den tellurischen Süden zugekehrten Pol der Nadel verstanden haben.

Digitized by Google

die Hypotheſe auf, daß das magnetiſche Agens in Kreiſen ſich fortbewege, indem eine Kreisbewegung in entgegengeſetzten Puncten eines Durchmeſſers nach entgegengeſetzten Richtungen vor ſich gehe. Nimmt man daher an, daß die beiden (+ und —) elektriſchen Ströme den Schließungsdraht eben ſo umkreiſen, wie die Gewinde eine Schraube, nur mit dem Unterſchiede, daß der Eine den Gewinden einer auf gewöhnliche Weiſe geſchnittenen Schraube folgt, d. h. rechts herum, der andere hingegen einer verkehrt geſchnittenen, d. h. links herum; denkt man ſich ferner daß der eine Strom den Nordpol fortſtößt, nicht aber auf den Südpol wirkt, dagegen der andere den Südpol fortſtößt, und nicht auf den Nordpol wirkt: ſo laſſen ſich hieraus die Ablenkungen der Magnetnadel erklären. Ampère **) geht in ſeiner Erklärung von der Erſcheinung aus, daß zwei elektriſche Ströme ſich anziehen oder abſtoßen aus der Ferne, je nachdem ſie nach einerlei oder nach entgegengeſetzter Richtung fließen, (§. 414.) und leitet alle Erſcheinungen des gegenſeitigen Einwirkens von elektriſchen Strömen, von Magnetnadeln, und von dem Erdmagnetismus, aus der Hypotheſe ab, daß der Magnet aus einer Menge elektriſcher Ströme beſtehe, welche in Ebenen ſenkrecht auf ſeiner Are, und zwar in einer ſolchen Richtung fließen, daß der Nordpol der Magnetnadel ſich rechts, der Südpol links von dieſen Strömen befindet. Dieſe Hypotheſe ſetzt ein einfaches Strömen der E in dem Schließungsdrahte voraus, wie es Volta annimmt; wenn aber nach der dualiſtiſchen Hypotheſe ein doppeltes Strömen nach entgegengeſetzten Richtungen ſtatt finden ſollte, ſo müßte wenigſtens die Hypotheſe Ampère's im Ausdruck eine Modification erleiden. Prechtl †) ſuchte zu beweiſen, daß die Annahme dieſer Ströme unnöthig ſey, und daß die Erklärung der Erſcheinungen des elektriſchen Schließungsdrahtes keiner neuen Hypotheſen bedarf, ſondern ſich auf das Fundamentalgeſetz aller elektriſchen und magnetiſchen Erſcheinungen, daß nämlich ungleichnamige Pole ſich anzuziehen, und gleichnamige ſich zurückzuſtoßen ſcheinen, zurückführen laſſe. Er be-

Digitized by Google

trachtet den Schließungsdraht als einen vielfach polarisirten Transversal-Magnet, durch dessen eigenthümliches Verhalten seine magnetischen Erscheinungen begründet werden. Faraday ††) zieht aus seinen Entdeckungen (§. 417.) den Schluß, daß die Wirkung des Schließungsdrahtes auf die Magnetnadel darin beruhe, daß er in dem einen Pol des Magnets ein Bestreben hervorbringe, um den elektrischen Strom rechts herum zu laufen, während der andere ein gleiches Bestreben erhalte, links um ihn herum zu laufen. Da nun beide nach entgegengesetzter Richtung mit gleicher Kraft streben, so muß sich die Magnetnadel mit ihrer Axe rechtwinklich gegen den elektrischen Strom stellen.

*) Experimenta, a. o. a. O. 280. und Betrachtungen über den Elektromagnetismus eb. II. 199.

**) a. o. a. O. 155. 227 ff. Ferner: Einerleiheit der E und des M, und neuere elektrisch-magnetische Versuche eb. IX. 65. Berichtigung seiner Theorie der elektrisch-magnetischen Erscheinungen, u. Vertheidigung derselben gegen mehrere ihr gemachte Einwendungen eb. XII. 136. Davy gegen Ampère's Hypothese der Identität der E und des Magnetismus eb. IX. 77 und XI. 235 ff. Seebeck gegen die Identität in Schw. u. Mein. n. J. II. 35. Desgleichen Muncke (Vers. üb. den Elektromagnetismus zur Begründung einer genügenden Erklärung desselben in Gilb. nn. A. X. 141. u. XI. 20, 411 und 425) setzt der Hypothese der Identität der E und des M entgegen, daß den magnetischen Wirkungen des Schließungsdrahtes die wesentlichen Kennzeichen der E, nämlich Isolirung und elektrische Anziehung oder Abstoßung mangeln. Er hält die Erscheinungen am Schließungsdrahte für rein magnetisch, und sucht sie aus vier magnetisch-polaren, mit der Längenaxe des Schließungsdrahts parallel laufenden Linien, deren gleichnamige Polenden einander diametral entgegen stehen, zu erklären. Vergl. Berzelius a. u. a. O. 101. Raschig Vers. zur Prüfung von Muncke's Erklärung eb. XI. 39. Pohl eb. 47. Kries eb. 58. Gilbert eb. 64. De la Rive eb. XII. 130.

Digitized by Google

†) Ueber die wahre Beschaffenheit des magnetischen Zustandes des Schließungsdrahtes in der Säule, eb. VII. 259. Vergl. Oersted in Schw. u. Mein. n. J. II. 210.

††) a. o. a. O.

§. 421.

Nachdem nun auch der Magnetismus, der vor Oersted's wichtiger Entdeckung, als ein isolirt dastehendes Agens betrachtet werden mußte, in das nächste Verhältniß zu den übrigen unwägbaren Stoffen getreten ist, so dehnt sich das unverkennbare Identitätsverhältniß zwischen Licht, Wärme und Elektricität (§. 360.) auch auf den Magnetismus aus. Also das, was wir vor wenigen Jahren kaum noch zu ahnden wagten, hat nun der vereinte Fleiß so vieler empirischer Forscher zur Gewißheit erhoben. Verknüpfen wir das längst Bekannte mit dem Neuen und Neuesten, so stellt sich uns jenes Identitätsverhältniß in dem wechselseitigen Erregen des einen dieser unwägbaren Stoffe durch den andern am klarsten und einfachsten vor Augen. Nehmen wir in diesen Kreis des gegenseitigen Hervorrufens den Chemismus (chemischen Proceß) auf, und setzen wir Licht und Wärme sey identisch, indem es uns sehr schwer fallen dürfte, die Wirkungen des einen dieser beiden unwägbaren Stoffe von denen des andern (wenigstens die des Lichts von denen der Wärme) in der Erscheinung zu unterscheiden: so gewinnen erst die Imponderabilien für die Chemie die hohe Bedeutung, welche erkannt zu haben, dem gegenwärtigen Zeitalter zur Ehre gereicht. Fassen wir demnach alles zusammen, was unwiderlegbare Thatsachen zu Tage gefördert haben: so ergeben sich uns folgende Resultate. Wärme erregt Elektricität, Magnetismus und Chemismus. Die Elektricitäten, in dem Moment, wo sie als solche sich zu zeigen aufhören, entwickeln Licht und Wärme; in ihren Strömen durch gute Leiter rufen sie Magnetismus hervor, und in ihrer Wirkung auf zusammengesetzte Stoffe, oder auf getrennte, der Vereinigung fähige, Elemente erregen sie Chemismus. Der

Digitized by Google

chemische Proceß endlich ruft Wärme, Elektricität und Magnetismus hervor. Vollenden wir die möglichen Combinationen zwischen diesen allgemein verbreiteten Potenzen, so bleibt uns für künftige Forschung übrig, durch den Magnetismus, Licht, Wärme, Elektricität und Chemismus hervorzurufen.

* * *

Buch üb. Elektromagnetismus in Schw. u. Mein. n. J. I. 18. — Neeff Nachschreiben zu dem vorhergehenden, eb. 32. — Gilbert Unters. üb. die Einwirkung des geschlossenen galvanisch-elektrischen Kreises auf die Magnetnadel in dessen an. A. VI. 331. Biot und Savart Abhandl. über den Magnet. der Volt. Säule eb. 392. Prechtl Ansichten üb. den Magnetismus u. dessen Ableitung aus der Elektricität eb. VII. 81. — Eb. zur Theorie des Magneten, eb. VIII. 187. — Boisgiraud Vers. über die Wirkung der V. Säule auf die Magnetnadel eb. VII. 161. — Pönitz hierüber, eb. 319. — Graf von Buquoy hierüber, eb. 325. u. eb. VIII. 185. — Bechstein hierüber, eb. VII. 371. — Berzelius vom magnetischen Zustande in den Körpern, welche die Säule entladen. Im Auszuge aus den Akten der K. Akad. d. W. zu Stockholm in Schw. u. Mein. n. J. I. 94; auch in Gilb. an. A. VIII. 167. — Ampère's Bemerkungen hierüber, eb. 176. — Pfaff (in Kiel) magnetisch-elektrische Vers. eb. 298. — Pfaff (in Erlangen) hierüber, eb. 422. — Configliachi hierüber eb. IX. 203. — Elektrisch-magnetische Vers., angestellt von Mitgliedern der Utrechter physik. Gesellschaft eb. VIII. 303. u. IX. 193. — Pohl Vers. u. Bemerk. üb. den Zusammenhang des Magnetismus mit der Elektricität u. dem Chemismus eb. IX. 171 — Eb. üb. eine beobachtete elektromagnetische Partialerregung ꝛc. eb. XIII. 252. — Schmidt einige elektrisch-magnetische Versuche ꝛc. in Gilb. an. A. X. 229. — Eb. Beschreibung einer astatischen Magnetnadel ꝛc. eb. 243. — Ebend. Gesetze der Anziehung eines galvanisch-elektrischen Stromes ꝛc. eb. XI. 387. — Schrader de Electromagnetismo in Schw. u. Mein. n. J. III. 1. — Von Althaus Versuche über den Elektromagnetismus nebst einer kurzen Prüfung der Theorie des Hrn. Ampère ꝛc. Heidelberg 1821. — Darstellung der neuen Entdeckungen über die E. u. den M, von Oersted, Arago, Ampère, H. Davy, Biot, Erman, Schweigger, de la Rive ꝛc. durch Ampère u. Babinet. Aus dem Franz. Leipz. 1822.

Bonn, 1823,
gedruckt bei Ant. Hacker,
in der Büschler'schen Buchdruckerei.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google